

Ausgabe Acht 2019

# Creating Chemistry

FOR A SUSTAINABLE FUTURE



URBANISIERUNG

## Welt wird Stadt

Unsere Zukunft entscheidet sich in den Städten. Wie Megastädte über sich hinauswachsen – und dabei den Menschen im Blick behalten.

BASF
We create chemistry

# Welt wird Stadt

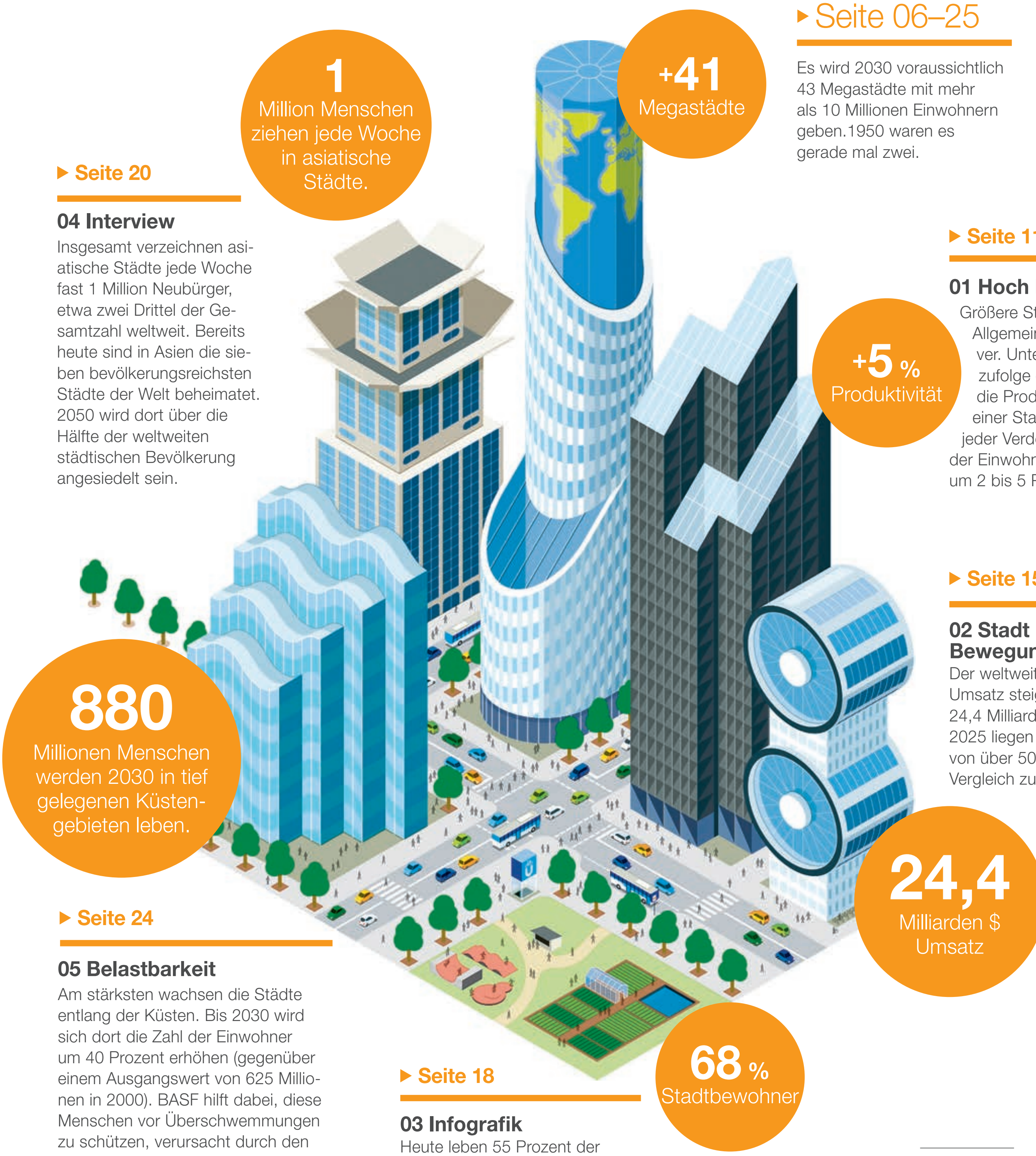
▸ Seite 06–25

Es wird 2030 voraussichtlich 43 Megastädte mit mehr als 10 Millionen Einwohnern geben.1950 waren es gerade mal zwei.

▸ Seite 20

### 04 Interview

Insgesamt verzeichnen asiatische Städte jede Woche fast 1 Million Neubürger, etwa zwei Drittel der Gesamtzahl weltweit. Bereits heute sind in Asien die sieben bevölkerungsreichsten Städte der Welt beheimatet. 2050 wird dort über die Hälfte der weltweiten städtischen Bevölkerung angesiedelt sein.




▸ Seite 11

### 01 Hoch hinaus

Größere Städte sind im Allgemeinen produktiver. Untersuchungen zufolge erhöht sich die Produktivität einer Stadt mit jeder Verdopplung der Einwohnerzahl um 2 bis 5 Prozent.

▸ Seite 15

### 02 Stadt in Bewegung

Der weltweite E-Bike-Umsatz steigt rasant. Bei 24,4 Milliarden $ soll er 2025 liegen – ein Plus von über 50 Prozent im Vergleich zu 2016.

▸ Seite 24

### 05 Belastbarkeit

Am stärksten wachsen die Städte entlang der Küsten. Bis 2030 wird sich dort die Zahl der Einwohner um 40 Prozent erhöhen (gegenüber einem Ausgangswert von 625 Millionen in 2000). BASF hilft dabei, diese Menschen vor Überschwemmungen zu schützen, verursacht durch den Anstieg des Meeresspiegels und extreme Wetterereignisse.

▸ Seite 18

### 03 Infografik

Heute leben 55 Prozent der Menschen weltweit in Städten. Bis 2050 werden es wohl 68 Prozent sein. Wie sich freie Flächen in der Stadt nutzen lassen.

Quellen:
Navigant Research;
Neumann et al., 2015;
Vereinte Nationen; OECD

Illustration: Jörg Block

# Liebe Leserinnen, liebe Leser,



weltweit zieht es immer mehr Menschen in die Städte. Im Jahr 2030 wird es bereits 43 Megastädte mit mehr als 10 Millionen Einwohnern geben. 1950 waren es gerade mal zwei. Die Urbanisierung stellt Politik, Industrie und Gesellschaft – und damit jeden einzelnen von uns – vor große soziale und ökologische Herausforderungen.

Was hat das alles mit Chemie zu tun? Chemie ist ein wichtiger Schlüssel, um diese Herausforderungen zu meistern. Urbanisierung gehört dabei ebenso wie Klimawandel, Ernährung einer wachsenden Weltbevölkerung und nachhaltige Ressourcennutzung zu den Themen, die bei BASF auf der Agenda stehen. Unser Anspruch ist es, ein Partner für die Gesellschaft zu sein, wann immer sie Herausforderungen begegnet, die wir mit Chemie lösen können. In erster Linie mit Produkten und Innovationen, die nachhaltig sind. So leisten wir unseren Beitrag – für die Städte der Zukunft und insbesondere für ihre Bewohner.

Wir wollten in dieser Ausgabe von Creating Chemistry wissen: Wie können die Städte in Zukunft aussehen? Wie können immer mehr Menschen bezahlbaren Wohnraum finden, wie kann Urbanisierung nachhaltig gestaltet werden und wie lässt sich zugleich die Lebensqualität verbessern?

Erfahren Sie, warum Megastädte langfristig geplant werden sollten, wo Stadtbewohner verlorene oder verbleibende Räume zurückgewinnen und wie Elektromobilität alltagstauglich wird. Damit all dies funktioniert, alle ihren Platz finden und die Städte lebenswert bleiben, braucht es Kreativität, Mut für Neues, Ideen und Technologien – und Lösungen aus der Chemie.

Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Lesen!

**Dr. Martin Brudermüller**

Vorsitzender des Vorstands und Chief Technology Officer, BASF SE

## Ihre Meinung ist uns wichtig

Sie lesen die neue Ausgabe des BASF-Magazins. Wie gefällt sie Ihnen? Über welche Themen würden Sie gerne mehr wissen? Schreiben Sie uns Ihre Meinung und Ihre Ideen.

**creating-chemistry@basf.com**

## Abonnieren Sie Creating Chemistry

Gerne schicken wir Ihnen unser Magazin per Post nach Hause.

**on.basf.com/cc_abonnement**

# Inhalt

## KÖPFE

**20**



### Dr. Liu Thai Ker

Architekt und Singapurs ehemaliger Chefstadtplaner

**Interview** Der einflussreiche Stadtplaner Liu spricht über die Planung lebenswerter Megastädte und findet Antworten auf die Herausforderungen des weltweiten Bevölkerungswachstums.

**36**



### Mariana Figueiro

Architekturprofessorin, Rensselaer Polytechnic Institute, New York / USA

**Thema** Figueiros Forschungen zeigen, dass Tageslicht leistungsfördernd wirkt und den Heilungsprozess begünstigt. Wie Tageslicht besser genutzt werden kann, erfahren Sie im Artikel „Es werde Licht“.

**28**



### Ameisen

Produzent von Konservierungsstoffen

**Thema** Wie bleiben Lebensmittel länger frisch? Wir erklären die Vor- und Nachteile der einzelnen Verfahren.

## FOKUS

**06–25**




Die Menschen zieht es in die Städte. Wohn- und Lebensraum werden knapp, der Verkehr immer dichter. Wie Städte trotzdem lebenswert bleiben können, beleuchtet die Titelgeschichte.

## ZWEI POSITIONEN

**45**

### Mit Kunststoffverboten gegen Müllberge?

Die Welt hat ein Abfallproblem. Erik Solheim und Professor Richard Thompson gehen der Frage nach, ob das Verbot bestimmter Kunststoffarten eine gute Antwort ist.



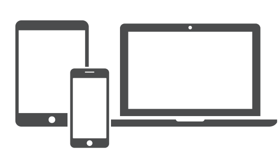
Fotos: Stefen Chow, Rensselaer Polytechnic Institute, Getty Images, ASCS, Guy Martin, Duncan Moore/UN Environment

Creating Chemistry 8

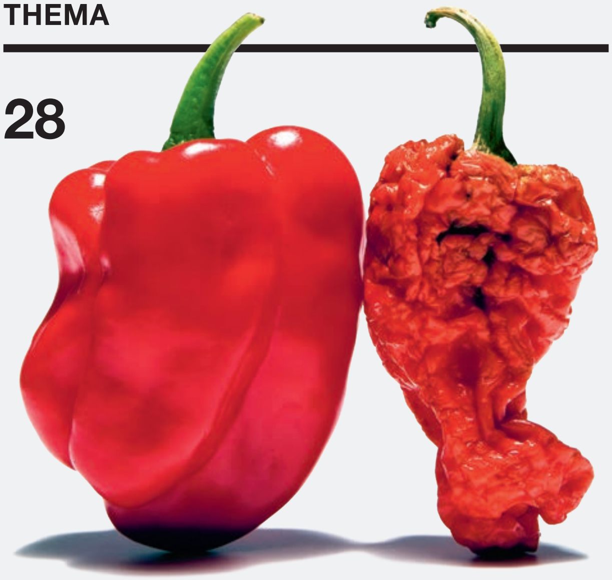
# Inhalt

## Ausgabe 2019





THEMA



28

## Lebensmittelhaltbarkeit – länger frisch

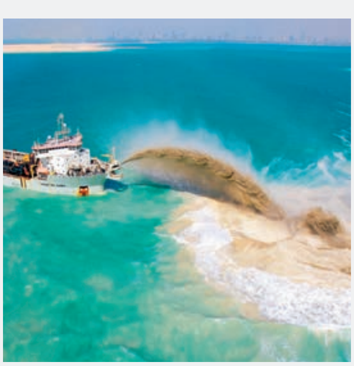
Jahr für Jahr werden in Privathaushalten Millionen Tonnen an Lebensmitteln weggeworfen. Wir erklären die Vorteile von Konservierungs- und Verpackungstechnologien und zeigen die Herausforderungen.

50

## 150 Jahre Periodensystem

2019 ist das Jahr des Periodensystems. Ein Anlass, tiefer in die Elemente einzutauchen. Überraschende Funde und Wissenswertes zur Ordnung der Welt in unserem Ausklapper.



42

## Sand – die knappe Ressource

Die Menge an preiswertem Sand nimmt drastisch ab. Wie Forscher das ändern wollen.

Fotos: Getty Images, ASK Images / Alamy Stock Photo, ASCS

Das Creating Chemistry-Magazin mit zusätzlichen Inhalten finden Sie auch online unter:
**basf.com/creating-chemistry-magazin**

# Welt wird Stadt

**Urbanisierung** Der Platz in den Städten wird knapp, der Verkehr immer dichter. Wie Städte über sich hinauswachsen und lebenswert bleiben.




Illustration: Renato Guazzelli Martello (ASCS)


Bevölkerung 2015; prozentualer Anstieg seit 1950
Quelle: Vereinte Nationen
Daten beziehen sich auf Städte und Ballungsräume.
Berlin 3.514.000 +5 %
Prag 1.269.000 +36 %
Wien 1.835.000 +14 %
Warschau 1.740.000 +127 %
Budapest 1.746.000 +8 %
Minsk 1.945.000 +585 %
Moskau 12.049.000 +125 %
Kiew 2.895.000 +255 %
Bukarest 1.849.000 +184 %
Sofia 1.256.000 +141 %
Zagreb 687.000 +119 %
Belgrad 1.369.000 +217 %
Rom 4.113.000 +118 %
Istanbul 14.127.000 +1.361 %
Athen 3.161.000 +135 %







Oben: **Die Wohnanlage The Interlace in Singapur ist eine Art vertikales Dorf. Lebens- und Sozialräume verbinden sich neben- und übereinander.**

Links: **Wenig Raum und doch luftig – Japan ist ein Vorreiter bei Wohnen auf engstem Raum in Minihäusern.**

Rechts: **Bangkok/Thailand gilt als Stadt mit einer der besten Verkehrsinfrastrukturen Südostasiens. Das hohe Verkehrsaufkommen bleibt trotzdem eine Herausforderung.**

Fotos: Iwan Baan/OMA/Büro Ole Scheeren, Getty Images, Iwan Baan/Sou Fujimoto











Fotos: Gallery Stock, Studio Boeri Architetti, laif

Links oben: **Nicht nur die Hochhauskulisse in Schanghai/China ist spektakulär. Auch der hochgelegte Fußgängerkreisel sucht seinesgleichen.**

Links unten: **In Kopenhagen/Dänemark gibt es fünfmal mehr Fahrräder als Autos.**

Rechts: **Die Hochhausgärtner der Zwillingstürme des Bosco Verticale in Mailand/Italien pflanzten rund 800 Bäume und über 19.000 weitere Pflanzen.**

Stellen Sie sich einen sonnigen Morgen im Jahr 2050 vor. Sie befinden sich in einem Hochhaus. Aus den Panoramafenstern im obersten Stockwerk fällt Ihr Blick nach unten: Dort putzen Roboter die Fassade, nehmen Reparaturen vor. Weiter unten wird gerade ein neues Gebäudemodul in eine Fassadenöffnung geschoben. Es ist ein Urban-Farming-Element: Damit können direkt im Gebäude Gemüse angebaut sowie Fische und Hühner gezüchtet werden. Auf dem Dach wird Regenwasser gesammelt und Brauchwasser aufbereitet. Eine Gebäudemembran wandelt Kohlendioxid in Sauerstoff um, Solarmodule und Windräder produzieren Energie. Klingt verrückt? Nicht nach den Plänen des Architekturbüros WOHA, das sich das Hochhaus der Zukunft ausgedacht hat. „Wir denken, dass das ultimative, nachhaltige Gebäude ein autarkes Gebäude ist. Im großen Maßstab gedacht sollten wir selbstversorgende Städte anstreben“, sagt Richard Hassell, Mitbegründer von WOHA. Das Architekturbüro mit Sitz in Singapur ist für seine tropisch-offene und nachhaltige Architektur vielfach preisgekrönt. Ein prägnantes Beispiel: Das Parkroyal on Pickering in Singapur, ein Hotel, das Architektur und Natur miteinander vereint.

## Club der Megastädte

Wachsende Megastädte, Nachhaltigkeit, Lebensqualität: diese Themen beschäftigen Städteplaner und Architekten mehr und mehr. Mit rund 38 Millionen Menschen steht Tokio an der Spitze der Rangliste der bevölkerungsreichsten Städte, gefolgt von Delhi, Schanghai und Mexiko-Stadt. Die japanische Metropolregion gehörte schon 1950 zum damals exklusiven Club der Megastädte, mit nach Definition der Vereinten Nationen mehr als ▶



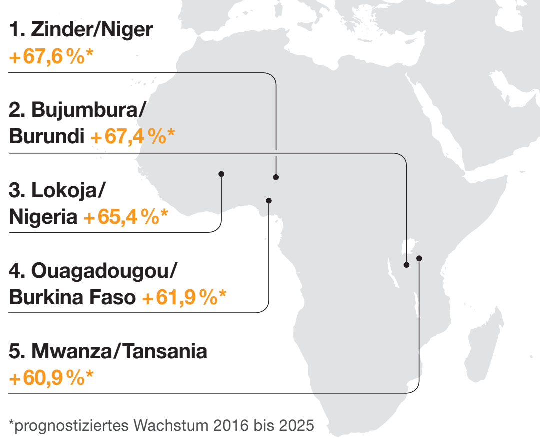
01

# Hoch hinaus

Den Architekten von WOHA schwebt eine enge Verbindung zwischen Natur und Architektur vor – wie hier im Hotel Parkroyal on Pickering in Singapur.

## Urbanisierung weltweit

Blick nach Afrika: Hier ballen sich die künftig am schnellsten wachsenden Städte (unten). Die bevölkerungsreichsten Metropolen dagegen finden sich in Asien (rechts).




*prognostiziertes Wachstum 2016 bis 2025

10 Millionen Einwohnern. Einziges anderes Mitglied damals: New York, das mittlerweile nur noch an neunter Stelle rangiert. Heute gibt es weltweit über 37 Megastädte. Und künftig zieht es immer mehr Menschen in die Stadt: Bis 2030 wird es nach UN-Prognosen mehr als 43 Megacitys geben, die meisten in Entwicklungsländern.

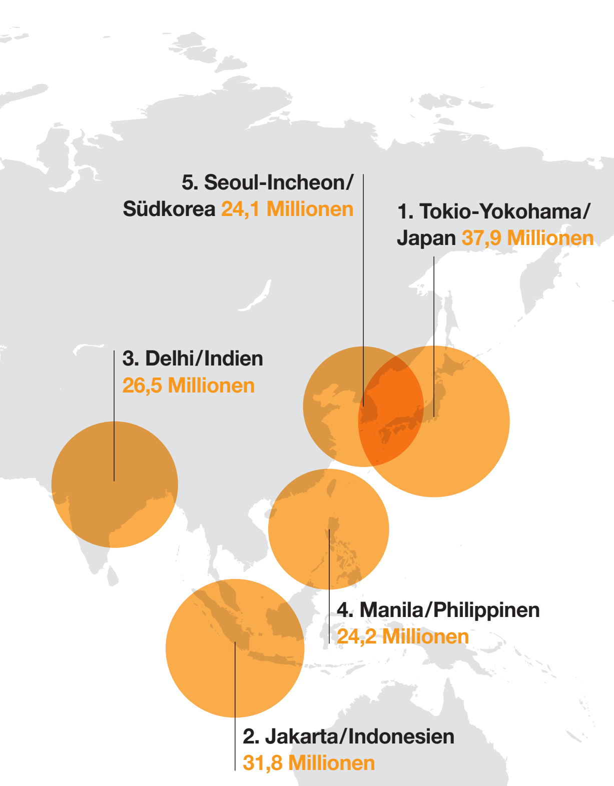
Bis zu 2 Milliarden zusätzliche Wohnungen braucht die Welt in den nächsten 80 Jahren aufgrund der rasanten Verstädterung. Weil der Boden in den Städten nicht unbegrenzt verfügbar ist und immer kostbarer wird, ist Verdichtung das Wort der Stunde. „Die Zukunft der Menschheit beruht auf den Vorteilen, die eine vertikale Verdichtung der Städte mit sich bringt. Sie verringert den Flächenverbrauch und die Energie, die benötigt würde, um eine horizontal ausgebreitete Stadt zu bauen und zu unterhalten“, sagt Professor Antony Wood vom Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH) in Chicago. Die gemeinnützige Organisation erforscht hohe Gebäude und deren Architektur. Das CTBUH-Büro befindet sich an einem geschichtsträchtigen Ort: Chicago gilt als Geburtsstadt des Bautyps Wolkenkratzer.

Nach einem verheerenden Feuer im Jahr 1871 und einem rasanten Anstieg der Bodenpreise strebten die Neubauten dort stetig in die Höhe. Möglich wurde dies durch hochbelastbaren Stahl. Absturzsichere Fahrstühle, von der Firma Otis 1853 auf den Markt gebracht, machten auch die oberen Stockwerke attraktiv. Höhenrekorde dank Stahlskelettbauweise wurden dann vor allem in New York aufgestellt. Heute ragen hier über 260 Gebäude mehr als 150 Meter in die Lüfte. Getoppt wird das nur von Hongkong mit etwa 350 solcher Wolkenkratzer.

Der aktuelle Rekordhalter aber steht in Dubai in den Vereinigten Arabischen Emiraten: der Burj Khalifa mit 828 Metern und 162 Stockwerken. Für solche extrem hohen Gebäude braucht es neben spezieller Ausrüstung wie Turmkränen und Superhochdruckpumpen auch die entsprechende Materialtechnologie für Beton. Im Fall des Burj Khalifa gab es extreme Anforderungen an die Haltbarkeit: „Gefragt war hochfester Beton. Die Mischung musste eine Druckfestigkeit von 80 Newton pro Quadratmillimeter aufweisen – das ist dreimal druckfester als Beton, der üblicherweise für den Hausbau verwendet wird“, sagt David Bowerman, Regional Business Segment Manager bei BASF in Dubai, der das Burj-Khalifa-Projekt betreute. Zum Einsatz bei den insgesamt 175.000 Kubikmetern Beton kamen MasterGlenium-Produkte. „Das sind die einzigen Betonbeimischungen auf dem Markt, die die Anforderungen des Auftraggebers



In Hongkong/ China werden Betonwasserrohre zu neuen Minibehausungen.




Quellen: Vereinte Nationen, demographia, 2016 oder verfügbare Jahre davor; World Urbanization Prospects 2014

erfüllten. Sie sorgen für eine schnelle Festigkeit und können gleichzeitig bei Temperaturen über 45 Grad Celsius – in Dubai im Sommer keine Seltenheit – verarbeitet werden", so der Beton-Experte. „Eine zusätzliche Herausforderung war, dass eine Pumpe vom Boden aus die Betonmischung auf über 600 Meter hochpumpen musste. Das war ein neuer Rekord", sagt Bowerman.

### Neuer Gigantismus

Innovative Lösungen machen den Weg in schwindelnde Höhen frei: Neben ultrafestem Beton zählen dazu spezielle Großbohrpfähle, mit denen die Super-Wolkenkratzer metertief in der Erde verankert werden. Und neuartige seillose Aufzüge, die auf Magnetschwebetechnik basieren, bringen die Bewohner blitzschnell in die höchsten Etagen der Megatürme.

Es sind nicht so sehr Statik oder Fundament, die die Höhe limitieren: „Die meisten Menschen denken, dass die Höhe eines Gebäudes durch technische Faktoren begrenzt wird, aber das ist nicht der Fall", sagt CTBUH-Direktor Wood. Entscheidender sei vielmehr, ob man in der Lage sei, die finanziellen Mittel aufzubringen und die notwendigen Genehmigungen zu bekommen. Heißer Kandidat im Wettrennen um den Titel „höchstes Gebäude der Welt" ist derzeit der Creek Tower. Er soll nach der Fertigstellung im Jahr 2020 in Dubai mithilfe der Betonzusätze von BASF etwa 1.000 Meter in die Höhe ragen. Die Baukosten für den Megaturm sind mit rund 1 Milliarde $ veranschlagt.

Hochhausexperte Wood erwartet im Zuge der weltweiten Urbanisierung einen wahren Hochhaus-Boom. Der bisherige Rekord des Jahres 2016 von 127 fertiggestellten Gebäuden weltweit, die höher als 200 Meter sind, wurde bereits ein Jahr später mit 140 neuen Riesentürmen eingestellt. Die meisten davon entstanden in China. Wood ist überzeugt, dass Hochhäuser ideale Vehikel für die städtische Verdichtung sind. Allerdings nicht allein durch ihre Höhe, sondern indem sie mehrere Ebenen einer Stadt miteinander verbinden: „Dinge, die üblicherweise auf Bodenniveau angesiedelt sind – zum Beispiel städtische Infrastrukturen oder öffentliches Grün –, setzen sich idealerweise am und im Hochhaus fort, sodass das Gebäude zu einer Erweiterung ▶



Fotos: Patrick Bingham-Hall, James Law Cybertecture International; Illustration: ASCS; Grafik: ASCS

## Neue Ideen für Wolkenkratzer

**1 Das Hochhaus aus Holz**
Stahl und Beton sind bisher die Baustoffe der Wahl im Hochhausbau. Im Herzen von Tokio/Japan soll nun bis 2041 ein Rekordgebäude aus nachwachsenden Rohstoffen entstehen: Der weltweit höchste Wolkenkratzer aus Holz soll 350 Meter in den Himmel ragen, 70 Stockwerke umfassen und 4,5 Milliarden € kosten.



**2 Der grüne Wohnturm**
Ein spektakuläres Beispiel für eine grüne Zukunft im Hochhausbau steht seit 2018 in Taipeh/Taiwan. Der Tao Zhu Yin Yuan Tower des Pariser Architekturbüros Vincent Callebaut Architectures erinnert an eine DNS-Doppelhelix. Mit 23.000 Bäumen und Büschen werden die Fassade, das Dach und die Balkone des Apartmentgebäudes begrünt. Die Pflanzen sollen pro Jahr 130 Tonnen Kohlendioxid aufnehmen – das entspricht in etwa der Emission von 27 Autos.



**3 Der fliegende Wolkenkratzer**
Clouds Architecture Office, New York/USA, will mit seinem Analemma Tower über die Wolken hinaus. Das US-Architekturbüro hat visionäre Entwürfe für ein Hochhaus vorgestellt, das weit über den Dächern der Stadt schwebt. Wie das funktioniert? Das Gebäude soll an einem Asteroiden aufgehängt werden, der von Menschenhand in die Erdumlaufbahn gebracht wurde.



**„Die Zukunft der Menschheit beruht auf den Vorteilen, die eine vertikale Verdichtung der Städte mit sich bringt."**

**Professor Antony Wood**
CTBUH-Direktor, Chicago/USA

der Stadt wird.“ Das Resultat: Vertikale, in die Höhe wachsende Städte, in denen Wohnen, Arbeiten und Freizeit Hand in Hand gehen. Angelegt sind die neuen Gebäude häufig als flexible Modulbauten, die einfach und kostengünstig an die Bedürfnisse der Nutzer angepasst werden können.

### Kleine große Sache

Für Städte mit extremer Wohnraumknappheit werden zum Beispiel ungewöhnliche modulare Mini-Lösungen entwickelt: Das OPod-Tube-Housing-Projekt des Hongkonger Architekturbüros James Law Cybertecture verwandelt Betonwasserrohre in Mikroapartments mit einer Wohnfläche von 9,29 Quadratmetern. Die Wohnröhren können nach Bedarf in die Höhe und Breite gestapelt werden. Hongkong ist berüchtigt für Platzmangel und Wohnen auf engstem Raum. Hier hat auch der Begriff „Moskito-Apartment“ seinen Ursprung: winzige Wohnungen, die gerade mal groß genug für eine Stechmücke sind. In Japan oder Taiwan boomt ebenfalls der Bau von Mikroapartments, die noch die letzte Lücke füllen – ein Trend, der um die Welt geht. Micro-Living soll in den kommenden Jahren für Entlastung etwa in europäischen oder nordamerikanischen Großstädten sorgen.

Daraus resultieren oftmals neue Formen des Zusammenlebens, die auf weniger Privat- und mehr geteilte Räume setzen. Fehlender Platz wird nach außen verlagert. Gemeinschaftsflächen auf den Etagen und auf dem Dach gehören ebenso dazu wie Waschsalons oder Badehäuser. Die Zukunft des urbanen Lebens besteht im Teilen – nicht nur von Autos, sondern auch von privatem und öffentlichem Raum.

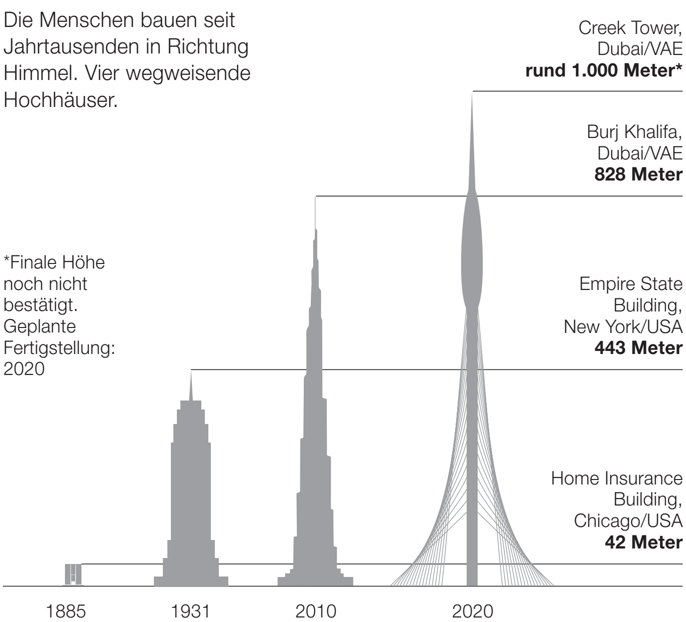
Parallel kommt die Natur zurück in die Lebensräume der Zukunft. Schon heute sprießt Grün beispielsweise am spektakulären Tao Zhu Yin Yuan Tower in Taipeh (siehe Kasten Seite 13) und dem 2018 zum besten Hochhaus der Welt gekürten Oasia Hotel Downtown in Singapur. Das von WOHA entworfene Gebäude hat eine Gitternetz-Fassade aus rotem Aluminium, über das tropische Pflanzen das Hotel nach und nach in ein grünes Kleid hüllen. Ein Hingucker, der auch noch gut für das Mikroklima ist. Der Trend zum nachhaltigen Leben in der Stadt setzt sich im Straßenverkehr fort. ▶

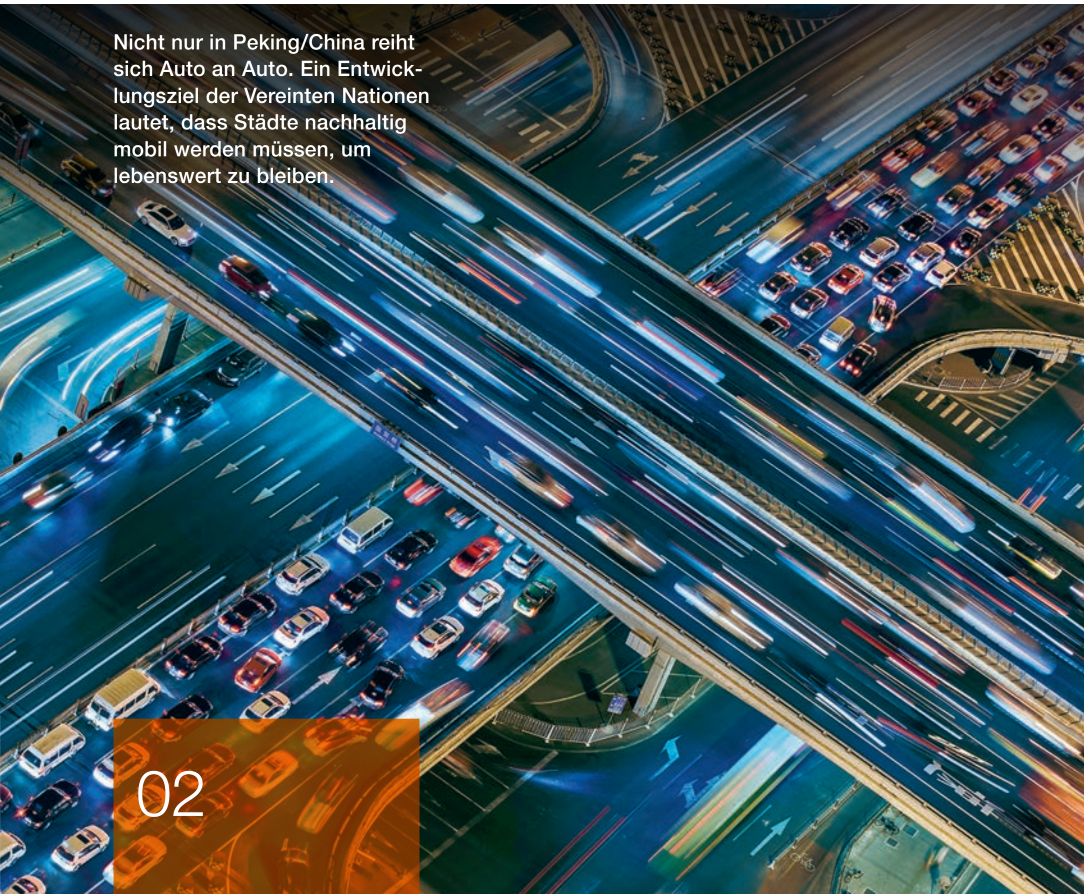
**Rund 290 Wolkenkratzer gibt es in Dubai/VAE. Herausragend ist der höchste der Welt: der Burj Khalifa.**



## Über den Wolken

Die Menschen bauen seit Jahrtausenden in Richtung Himmel. Vier wegweisende Hochhäuser.





Nicht nur in Peking/China reiht sich Auto an Auto. Ein Entwicklungsziel der Vereinten Nationen lautet, dass Städte nachhaltig mobil werden müssen, um lebenswert zu bleiben.

02

# Stadt in Bewegung

Autos stehen dicht an dicht, überall Gehupe, dicke Luft. Kilometerlange Staus sind von Bukarest bis Jakarta an der Tagesordnung. In Mexiko-Stadt etwa, der Nummer eins im internationalen Stauindex, verlängert sich im Tagesschnitt die Fahrzeit durch Staus um 66 Prozent. Statt 60 Minuten braucht man so etwa beispielsweise mehr als 100 Minuten. Um zukunftsfähige und lebenswerte Orte zu bleiben, müssen Städte nachhaltig mobil werden – so lautet ein Entwicklungsziel der Agenda 2030 der Vereinten Nationen. „Wer so schnell wie möglich in den Städten für mehr Lebensqualität und bessere Luft sorgen will, muss sich für geteilte Mobilität einsetzen“, betont Professor José Viegas. Der portugiesische Verkehrsexperte leitete bis 2017 das International Transport Forum, den verkehrspolitischen Think-Tank der Organisation für Wirtschaftliche Entwicklung und Zusammenarbeit (OECD). Das Motto lautet: mieten und teilen, nicht besitzen.

Auch in Smog-Rekord-Ländern wie China wird Teilen zu einer wichtigen Lösung in der Mobilität: Nicht nur das Carsharing mit prognostizierten Wachstumsraten von 45 Prozent bis 2025 boomt, sondern auch Mietradsysteme florieren: Firmen wie Mobike haben in nur zwei Jahren 19 Millionen bunte Leihfahrräder in China und Hunderten weiteren Städten auf allen Kontinenten platziert.

## „Traditionelles Verkehrsverhalten wird durch geteilte Mobilitätsangebote verändert.“

**Claire Depré**
Abteilungsleiterin Sustainable and Intelligent Transport, Europäische Kommission, Brüssel/Belgien

Verkehrsexperten sind sich einig: „Traditionelles Verkehrsverhalten wird durch geteilte Mobilitätsangebote und leichtere Wechsel zwischen den Verkehrsträgern verändert“, sagt Claire Depré, Abteilungsleiterin Sustainable and Intelligent Transport bei der Generaldirektion Mobilität und Verkehr ▶

## Urbane Mobilität neu gedacht

**Drei Städte,** die neue Wege gehen, um ihre Bewohner reibungsloser von A nach B zu bringen:

**Tallin/Estland**
Der öffentliche Nahverkehr ist seit 2013 für Bewohner kostenlos. Bald soll es in weiteren Teilen Estlands freie Fahrt für alle geben.

+ ermöglicht sozial schwachen Menschen, mobil zu sein
+ bessere Luft, weniger Lärm
+ weniger Staus
– hohe Kosten für die Stadt

**La Paz/Bolivien**
Die längste urbane Seilbahn der Welt verbindet La Paz mit der Arbeitersiedlung El Alto. Sieben Linien sind in Betrieb, vier weitere in Planung und Bau.

+ günstiger Fahrpreis
+ entlastet die Straßen
+ dichtestes städtisches Seilbahnnetz der Welt
+ Fahrzeit im Berufsverkehr reduziert sich um rund zwei Drittel
– Aktionsradius ist auf Strecken von unter 5 Kilometern beschränkt

**Istanbul/Türkei**
Für das Bus Rapid Transit-System (BRT) namens Metrobüs wurden auf Schnellstraßen eigene Trassen eingerichtet. Dort pendeln halbminütlich große Schnellbusse.

+ eine der dichtesten Taktfolgen weltweit
+ BRT wird auch in anderen asiatischen Städten wie Jakarta/Indonesien und Guangzhou/China erfolgreich eingesetzt
– Busse häufig überfüllt

Fotos: Getty Images (2)

der Europäischen Kommission in Brüssel. Pendler fahren mit dem Auto an den Stadtrand und steigen in die Bahn um. Innerstädtisch bewegen sie sich per S- oder U-Bahn fort und steigen für die letzten Meter zur Arbeit auf Bus oder Leihfahrrad um.

Neue digitale Mobilitätsdienstleistungen machen dabei die Fortbewegung von A nach B einfacher, effizienter und kostengünstiger – so wie in Helsinki, einem der Vorreiter auf diesem Gebiet: Seit 2016 können die Bewohner der finnischen Hauptstadt eine App namens Whim für die intelligente Reiseplanung quer über alle Verkehrsträger hinweg nutzen. Taxi, Bahn oder Carsharing werden über eine gemeinsame digitale Plattform gebucht und auch bezahlt. Sogenannte Mobility-as-a-Service(MaaS)-Lösungen wie in Helsinki werden weltweit in verkehrsbelasteten Städten wie London, Los Angeles und Singapur getestet. Die Vision: weniger Verkehr bei mehr Mobilität.

„Neben der digitalen Vernetzung schafft auch die Elektromobilität Möglichkeiten, denen sich niemand verschließen kann", meint Viegas. Denn bei der E-Mobilität überbieten sich Start-ups und Entwicklungsabteilungen großer Unternehmen weltweit mit Innovationen. Langlebigere und reichweitenstärkere Batterien sowie ein gut ausgebautes Netz mit smarten Ladestationen: E-Mobilität gilt, wenn der Strom aus regenerativen Quellen stammt, als wichtiger Faktor, um die verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen zu senken. Die klimaschädlichen Gase sollen EU-weit bis 2050 um 80 Prozent gegenüber 1990 reduziert werden. „Deshalb treibt die Kommission die Elektrifizierung aller Transportarten voran – zu Land, zu Wasser und in der Luft", sagt die EU-Verkehrsexpertin Depré.

Bei den Verkaufszahlen ist noch Luft nach oben. 2017 wurden in Deutschland, weltweit die Nummer vier der Verkaufsrangliste, 54.492 Plug-in-Hybrid- und Elektroautos verkauft. Marktführer mit 777.000 Fahrzeugen blieb China. Das Land hat 2016 die USA von Platz eins verdrängt. Mit einer Quote, die Autohersteller ab 2019 zum Bau von sauberen Fahrzeugen verpflichtet, und mit finanziellen Kaufanreizen will China den 2,7-Prozent-Marktanteil von E-Autos weiter nach oben treiben.





**Verkehrswende: E-Bikes samt Bikesharing liegen im Trend.**



**Elektromobilität soll die Treibhausgasemissionen senken. Doch noch ist bei den Verkaufszahlen Luft nach oben.**

24,4

**Milliarden $** soll der E-Bike-Umsatz weltweit 2025 betragen. Das ist eine Steigerung von über 50 Prozent im Vergleich zu 2016.

### E-Bike im Stadtverkehr schneller

Eine potenzielle Lösung für eine nachhaltige Verkehrswende wird häufig unterschätzt: Fahrräder mit Elektroantrieb. Sie lassen das neue alte Verkehrsmittel auch für Pendler interessant werden. Denn auf Distanzen von unter 10 Kilometern ist das E-Bike im Stadtverkehr meist schneller als der Pkw, wie das deutsche Umweltbundesamt betont. In Ballungsgebieten ließen sich bis zu 30 Prozent der Pkw-Fahrten auf den Radverkehr verlagern, schätzen die Experten. Kein Wunder, dass der E-Bike-Markt im Rekordtempo wächst: Das internationale Marktforschungsunternehmen Navigant Research etwa erwartet, dass der weltweite Umsatz mit E-Bikes von über 15,7 Milliarden $ in 2016 auf 24,4 Milliarden $ im Jahr 2025 steigen soll.

Fotos: PR/bycyklen/Jon Ram Bruun-Pedersen, Lukasz Palka





**Der öffentliche Nahverkehr in Asien gilt als extrem leistungsfähig. Tokio etwa hat das umfangreichste Netz der Welt. Es befördert täglich 40 Millionen Passagiere.**

Städte wie das verkehrsgeplagte Barcelona stellen schon jetzt die Weichen in Richtung nachhaltiger Mobilität. Stadt- und Verkehrsplanung wird dabei gemeinsam gedacht. 300 Kilometer neue Fahrradwege sollen entstehen, Busse häufiger fahren, mehr Haltestellen eingerichtet werden. Den Kern der Reform aber bilden sogenannte Superblocks: Etwa 400 mal 400 Meter große Quadrate, aus denen der Verkehr größtenteils herausgehalten wird. Autofahrer – ausgenommen Anwohner und Lieferanten – werden außen herumgeleitet. Die innenliegenden Straßen sind so frei für Fußgänger und Radfahrer. Anwohner und Passanten bekommen neuen Raum, sich zu treffen und zu flanieren. ■

**„Wir wollen die reale Reichweite von batteriebetriebenen Mittelklassewagen bis 2025 von 300 auf 600 Kilometer verdoppeln."**

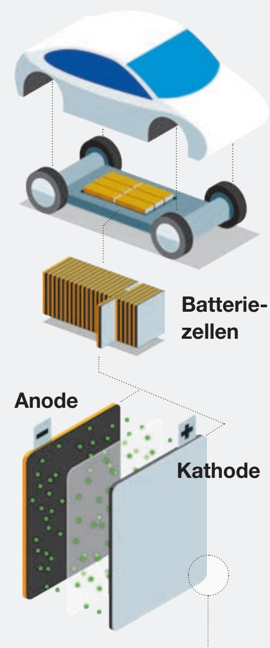
**Dr. Markus Hölzle**
Leiter Produktentwicklung
Batteriematerialien, BASF



Fotos: Getty Images, BASF; Illustration: Jörg Block

# E-Mobilität: erfolgreiche Zukunft dank kleiner Kugeln

**E-Mobilität** Wie lange dauert es, bis die Batterie eines Elektroautos geladen ist, wie weit kann man mit einer einzigen Ladung fahren und welche Kosten fallen an? Die Forschung von BASF an hochleistungsfähigen Materialien für Lithium-Ionen-Batterien trägt in allen drei Bereichen zu Verbesserungen bei und ebnet den Weg für eine alltagstaugliche Elektromobilität.



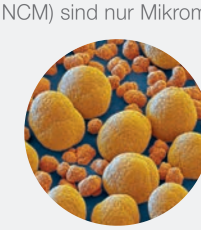

Die meisten modernen Elektrofahrzeuge werden mit Lithium-Ionen-Batterien betrieben. Derzeit dauert es im Durchschnitt mehr als 60 Minuten, einen Mittelklassewagen mit Elektroantrieb vollständig aufzuladen. Die durchschnittliche Reichweite unter realen Fahrbedingungen beträgt 300 Kilometer.

Die Batterie besteht aus Zellen mit jeweils einer positiven und einer negativen Elektrode. Die Kathode besteht aus Nickel, Kobalt und Aluminium (NCA) oder Nickel, Kobalt und Mangan (NCM), die Anode aus Graphit. Lithium-Ionen transportieren die Ladung der Batterie zwischen den Elektroden hin und her. Dadurch wird elektrische Energie erzeugt, die in mechanische Energie zum Betrieb des Fahrzeugs umgewandelt wird.

Die Eigenschaften der Kathodenmaterialien sind entscheidend für die Ladezeit und den Energiegehalt der Batterie. Die einzelnen Kugeln (in diesem Fall NCM) sind nur Mikrometer groß.



Eine poröse Oberfläche und eine offene Struktur ermöglichen es den Lithium-Ionen, die Kathode schneller zu verlassen. Dies beschleunigt den Ladevorgang. Bis 2025 soll ein Mittelklassewagen mit Elektroantrieb in 15 Minuten aufgeladen werden können.



Kugeln mit einer breiten Größenverteilung können dichter in ein vorhandenes Volumen gepackt werden. Dadurch kann mehr Energie gespeichert werden. Je höher die Energiedichte, desto größer die Reichweite des Fahrzeugs. Bis 2025 soll eine reale Reichweite von 600 Kilometern erreicht werden.

BASF arbeitet gemeinsam mit ihren Kunden daran, deren ehrgeizige Ziele in der Elektromobilität zu erreichen, indem sie die chemische Zusammensetzung, Form und Struktur sowie den Herstellungsprozess der Kathodenmaterialien optimiert.

Erklärvideo: So funktioniert eine Lithium-Ionen-Batterie
**on.basf.com/lithium-ion-batteries**

# Neues Leben für die Stadt

**Rückeroberung** **Wie Städte verlorene oder verbleibende Räume zurückgewinnen und neue Nutzungsmöglichkeiten finden.**



## 1 Skateparks unter Brücken und Hochstraßen

Sportlich aktive Stadtbewohner erobern brachliegendes Gelände unter Brücken oder Hochstraßentrassen etwa durch Skateparks zurück. So können sie zentral gelegene, aber unbebaubare Grundstücke öffentlich nutzen – und bleiben beim Freiluftsport trocken, selbst wenn es in Strömen regnet.

**Umgesetzt** *Jutland Avenue Brücke, Kapstadt/Südafrika*

## 2 Stillgelegte U-Bahn als Fahrradweg

Radler im Untergrund: Brachliegende U-Bahn-Tunnel eignen sich gut als Radwege, über die Fahrradfahrer schnell und wetterunabhängig von einem Ort zum anderen gelangen können. Auf den Wegen könnten Platten verlegt werden, die bei Belastung durch die Radfahrer Strom produzieren. Mit dieser Idee gewann das Architekturbüro Gensler 2015 den Preis als Best Conceptual Project der London Planning Awards.

**Konzept** *London Underline, London/Vereinigtes Königreich*

## 3 Picknick über den Bäumen der Stadt

Abbauen ist teuer, verfallen lassen auch keine Alternative: Warum nicht ausgediente Freileitungsmasten mit Treppen und Aussichtsplattformen versehen und zu neuen Ausflugszielen machen. Am Aufstieg der Türme sind Kioske vorgesehen, mit allem, was es für ein Picknick über den Bäumen braucht. Die Idee hatte der Architekt Anders Berensson im Rahmen eines Architekturwettbewerbs des Royal Court of Sweden. Diesem gehört der Park, in dem das Konzept umgesetzt werden soll.

**Konzept** *Power Tower, Stadtpark Norra Djurgården, Stockholm/Schweden*

03

# Infografik




Illustration: Jörg Block

## 5 Wiederverwerten und erholen

Abfallverwertungsanlagen leisten einen wichtigen Beitrag zur Nachhaltigkeit einer Stadt. Die Gebäude selbst aber sind sehr unansehnlich und unattraktiv. Sie ragen oft über andere Bauten vor Ort hinaus und nehmen Platz am Stadtrand ein. Doch was wäre, wenn die Wiederverwertungsanlage gleichzeitig als Erholungsgebiet genutzt würde? Stellen Sie sich eine Kletterwand auf einer Seite vor oder sogar eine Skipiste auf dem Dach. Klingt unglaublich? In Kopenhagen wurde so etwas bereits gebaut.

Umgesetzt *Amager Bakke, Kopenhagen/Dänemark*

## 4 Von verfallenen Gebäuden zu frischen landwirtschaftlichen Erzeugnissen

Urbane Landwirtschaftsbetriebe sind nicht mehr nur ein nettes Extra – in einigen Städten liefern sie den Ortsansässigen frische Produkte. Sie tragen auch dazu bei, Gemeinden zu stärken, indem sie Bewohner, Unternehmen und Organisationen mit einem gemeinsamen Ziel zusammenbringen. Deshalb arbeitet BASF mit örtlichen Unternehmen in der US-amerikanischen Stadt Detroit zusammen, um einen multifunktionalen Gemeinschaftsort zu schaffen, der als Vorbild dient, wie Stadtbewohner lernen können, ihr Land optimal zu nutzen.

Umgesetzt *Michigan Urban Farming Initiative, Detroit/USA*

## 6 Unterirdische Müllabfuhr

Mülltonnen sind ein wesentlicher Bestandteil des öffentlichen Raums in der Stadt. Aber wenn sie überlaufen, sieht das nicht nur unschön aus, sondern ist auch schlecht für die Umwelt. Wäre es nicht gut, wenn sie außer Sichtweite wären? Raipur in Indien installiert unterirdische Mülltonnen, die nicht nur Platz für mehr Müll bieten, sondern auch automatisch signalisieren, wenn sie geleert werden müssen. Der nächste Schritt könnte ein System von unterirdischen Müllrobotern (Trashbots) sein, die die Abfälle abtransportieren.

Umgesetzt *Raipur/Indien*

Konzept *Sidewalk Labs, Toronto/Kanada*

# Die fünf Prinzipien eines Stadtplaners

04

Interview

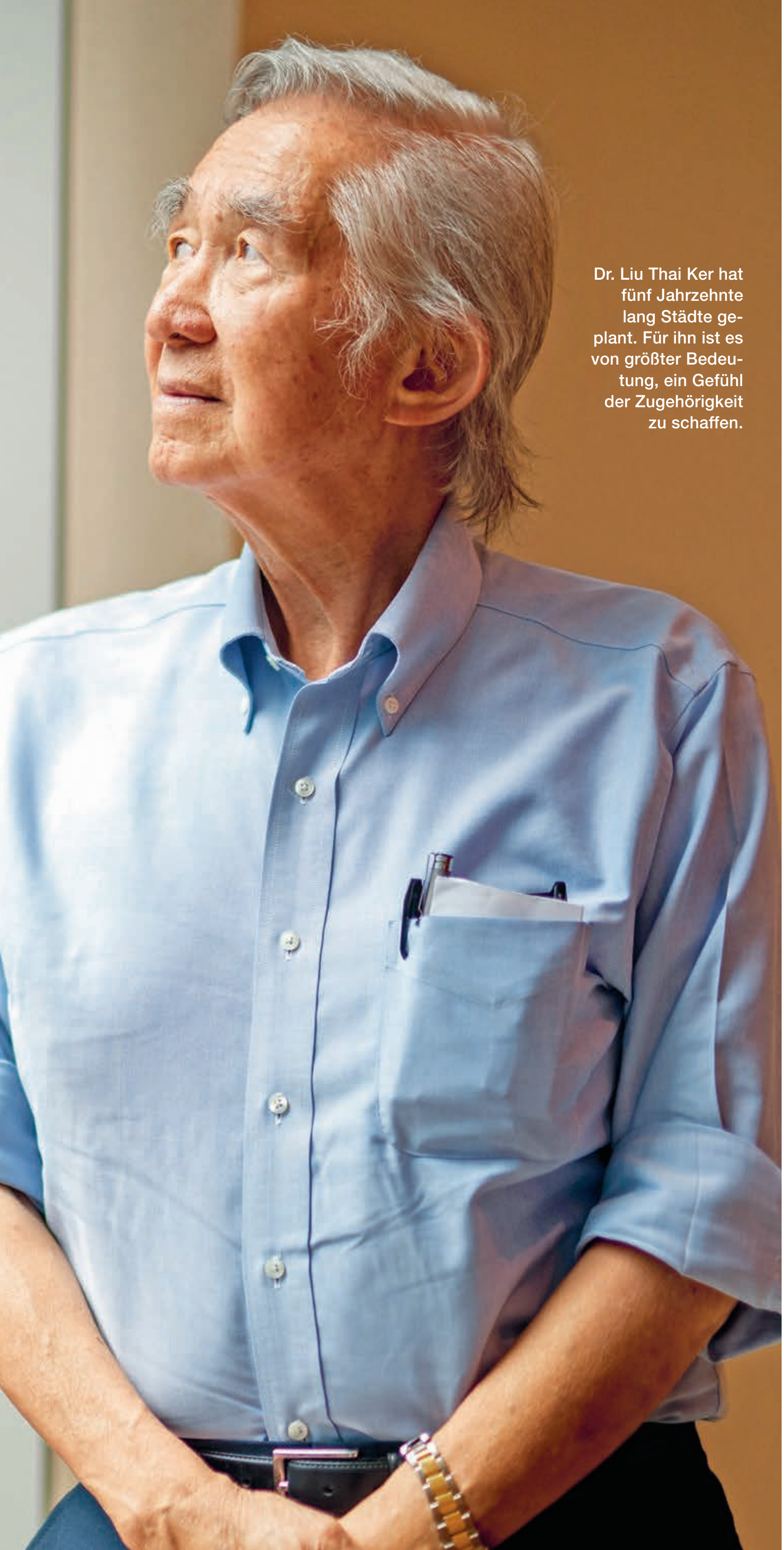


**Langfristige Planung** Dr. Liu Thai Ker, der ehemalige Chefstadtplaner Singapurs, hat den Inselstaat von einer Ansammlung von Slums in eine der lebenswertesten Megastädte der Welt verwandelt. Hier erklärt er, worauf es wirklich ankommt.

**Creating Chemistry: Auf der ganzen Welt gibt es immer mehr Städte, die zudem immer größer werden. Wie können wir Megastädte zu lebenswerten Orten machen, an denen sich Menschen heimisch fühlen?**
**Liu Thai Ker:** Als ich 1969 als Stadtplaner in Singapur anfing, hatte die Stadt 1,6 Millionen Einwohner. Heute leben hier fast 6 Millionen Menschen. Es gab ein skizzenhaftes, aber gut durchdachtes Konzept, das 1971 erstellt wurde. Meine Aufgabe war es, die Einzelheiten der neuen Stadtpläne in Einklang mit dem breiten Rahmenplan zu ergänzen. Die Pläne, die wir in diesen Jahrzehnten festlegten, sind uns trotz unseres schnellen Wachstums zugutegekommen. Der wesentliche Punkt ist, dass wir die Stadt in kleinere urbane Zellen aufgeteilt haben. Auf diese Weise wird die Bevölkerung von 6 Millionen Menschen in immer kleinere Gemeinden unterteilt, bis man das Gefühl hat, in einem Hochhausdorf zu leben.

**Wie funktioniert das im Detail?**
Wir haben die Stadt in fünf Bereiche von jeweils 1,1 Millionen Einwohnern aufgeteilt. Jeder Bereich ist wie eine kleine Stadt und wird dann in neue Städte mit 200.000 bis 300.000 Einwohnern unterteilt. In einer Stadt dieser Größe kann man sein ganzes Leben lang wohnen: Man wird dort geboren, geht dort zur Schule und, wenn nötig, ins Krankenhaus. Die Städte sind in Viertel unterteilt, die als ein Gebiet definiert sind, das man zu Fuß erreichen kann. Diese unterteilen wir dann in Bezirke mit einer Fläche von 2,5 bis 4 Hektar. Soziologen sagen, dass dies klein genug ist, damit die Menschen eine emotionale Bindung zu ihrem Wohnort entwickeln. In einem Bezirk leben weniger als tausend Familien, sodass die Menschen sich untereinander kennen und einen gemeinschaftlichen Zusammenhalt wie in traditionellen Dörfern entwickeln.

Foto: Stefen Chow



Dr. Liu Thai Ker hat fünf Jahrzehnte lang Städte geplant. Für ihn ist es von größter Bedeutung, ein Gefühl der Zugehörigkeit zu schaffen.

**Welche weiteren Vorteile bringt dies?**
Zwischen 1960 und 1985 wurden erstmals in großer Zahl Menschen in Sozialwohnungen untergebracht. Sie kannten sich nicht, stammten aus verschiedenen sozioökonomischen Schichten und hatten eine unterschiedliche ethnische Herkunft. Es war daher sehr wichtig, ein Zugehörigkeitsgefühl zu schaffen. Die Menschen lernten sich durch die Bezirke bald kennen und behandelten sich gegenseitig nicht als Fremde, sondern wie Freunde. Das ist ein Grund, warum Singapur heute ein sicherer Ort ist.

**Wie lässt sich das auf andere Städte auf der ganzen Welt übertragen?**
In Asien liegen die Bevölkerungszahlen in vielen Städten bei über 10 Millionen. Schanghai hat mehr Einwohner als ganz Australien. Mein Rat an diese Städte war es, nicht jede davon als eine einzige Stadt zu behandeln, sondern als eine Konstellation aus kleineren Städten – unabhängig und einander doch zugehörig – mit Einrichtungen, die auf jede von ihnen verteilt sind. Das bedeutet, dass eine Person zu Fuß zu ihrem Gemeindezentrum gehen kann, um das zu bekommen, was sie braucht. Sie muss nicht fahren. Dadurch verkürzt sich die Wegezeit, es wird weniger Kraftstoff verbraucht und die Luftqualität verbessert sich. In China habe ich auf dieser Grundlage drei Städte mit jeweils 12 Millionen Einwohnern geplant. Stadtplanung beeinflusst das menschliche Verhalten: Wenn wir gut planen, fördert das ein Verhalten, das Zeit und Energie spart und das Leben der Bürger verbessert.

**Ein Großteil der Planung Singapurs beruhte auf dicht besiedelten Wolkenkratzern. Gibt es bei der Planung der Zahl der Personen pro Quadratmeter einen Wert, der nicht überschritten werden sollte?**
Dieses Problem ist in Asien akuter als im Westen. In Asien leben 60 Prozent der Weltbevölkerung auf rund einem Drittel der Landfläche des Planeten. Wir haben also gar keine andere Wahl, als stark verdichtetes Wohnen in Betracht zu ▶

ziehen, aber wir müssen auch ein gutes, lebenswertes Umfeld schaffen. Keine Regierung – gleichgültig, wie mächtig sie ist – kann Menschen daran hindern, in eine Stadt zu ziehen, die sich gut entwickelt. Die Aufgabe eines Planers besteht daher nicht darin, zu bestimmen, welche Bevölkerungsgröße ein Gebiet verkraften kann, sondern langfristig die wahrscheinliche Bevölkerungsgröße zu prognostizieren, auf die die Stadt anwachsen kann, und die benötigten Grundflächen für alle täglichen Aktivitäten jedes Bürgers als gleichwertig mit denen einer hoch entwickelten Stadt zu betrachten. Nur dann kann der Planer die verschiedenen Arten der Landnutzung und die erforderlichen Größen innerhalb der beschränkt verfügbaren Flächen zuweisen.

**Wie berechnet man die optimale Wohnfläche pro Person?**
Als ich 1969 nach Singapur zurückgekehrt bin, war die Stadt bitterarm, aber ich musste neue Städte mit geeigneten Wohnungen für die unteren Einkommensgruppen planen. Ich war der Meinung, dass wir versuchen mussten, unsere Wohnungen und Einrichtungen so zu planen, dass sie dem Standard der Ersten Welt so nah wie möglich kommen. Also habe ich eine Studie zu der in Amerika vom Menschen genutzten Grundfläche als Richtlinie verwendet. Selbst in einem Dritte-Welt-Land sollte man nach den Standards der Ersten Welt planen.
Es ist zu teuer, mehrere Schritte des Übergangs und der Modernisierung, des Abrisses minderwertiger Gebäude und des Wiederaufbaus besserer Gebäude zu durchlaufen.

**Viele Städte wachsen schneller als die vorhandene Infrastruktur. Wie meistert man diese Herausforderung?**
Eine gute langfristige Planung ist der Ausgangspunkt. Wenn ich jetzt für Städte plane, plane ich für 2070, denn dann wird die Weltbevölkerung Vorhersagen zufolge ihren Zenit erreichen. Wir planen für das gesamte Gebiet und setzen den Plan dann phasenweise um, sodass sich die Expansion kontinuierlich vollzieht und keine Entwicklungsstufen übersprungen werden. So sind wir in Singapur vorgegangen. Nachdem die erste Stufe der Infrastruktur installiert war, sind die Menschen eingezogen und wir haben begonnen, Steuern zu erheben. So konnten wir eine Stadt entwickeln, ohne Geld von der Weltbank zu leihen, obwohl wir als sehr armes Land begonnen hatten. Für ein gutes städtisches Umfeld braucht man eine intelligente Planung und Verwaltung.

**Welche Rolle spielen die Bürger bei der Stadtplanung?**
Ein Planer oder eine Regierung kann nicht alles wissen. Sie brauchen das

## Fünf Jahrzehnte Stadtplanung



**Dr. Liu Thai Ker**
Architekt und ehemaliger Chefplaner von Singapur

Dr. Liu Thai Ker, Sohn eines Künstlers, absolvierte zunächst eine Ausbildung zum Architekten an der University of New South Wales/Australien, bevor er einen Abschluss als Master of City Planning an der Yale University/USA machte.

Nach seiner Rückkehr nach Singapur war er von 1969 bis 1989 als Architekt und Planer sowie Vorstandsvorsitzender des Singapore Housing & Development Board sowie von 1989 bis 1992 als Vorstandsvorsitzender und Chefplaner der Urban Redevelopment Authority tätig. Von 1992 bis 2017 war er Direktor von RSP Architects Planners & Engineers und gründete ein neues Architektur- und Planungsbüro, Morrow, in Singapur.

Er ist außerdem Gründungsvorsitzender des Centre for Liveable Cities in Singapur und hat rund 50 Städte neben Singapur geplant. Er ist Ehrendoktor der University of New South Wales und hat zahlreiche Auszeichnungen in Singapur und im Ausland erhalten.



60 %

**der Weltbevölkerung** leben in Asien auf rund einem Drittel der Landfläche des Planeten.

Fotos: Stefen Chow (4)



**„Als Planer trägt man eine nahezu heilige Verantwortung für die Menschen seiner Stadt."**

**Dr. Liu Thai Ker**
Architekt und Stadtplaner



Links: **Ein offener Korridor in einem Mehrfamilienhaus in Ang Mo Kio, einer der von Liu geplanten Städte in Singapur. Öffentliche Verkehrsanbindungen befinden sich in unmittelbarer Nähe.**



Rechts: **Der Bishan-Park hinter Liu wurde mit einem naturnahen Fluss angelegt, um die Artenvielfalt in der Stadt zu erhöhen.**

konstruktive Feedback der Bürger. Im öffentlichen Wohnungsbau haben wir nicht nur die Bauarbeiten geplant und überwacht, sondern auch fertiggestellte Gebäude verwaltet. Das Schöne daran: Wir haben viele Beschwerden erhalten, also haben wir Forschungseinheiten organisiert, um diejenigen zu finden, die Fehler aufzeigen, die wir bei der Konstruktion und Planung gemacht hatten. Jeden Monat haben wir die wichtigsten dieser Beschwerden in die neue Stadtplanung und -gestaltung einfließen lassen. Dieser Prozess hat 20 Jahre gedauert. Sie können sich vorstellen, wie viel ich gelernt habe.

**In den letzten zehn Jahren haben viele Städte die Idee der Smart City übernommen, um ihre Herausforderungen besser zu bewältigen. Was bedeutet Smart City für Sie?**
Für mich ist eine Smart City das Gleiche, wie es die Vitamine für den Körper sind. Die Aufgabe eines Planers ist es, dafür zu sorgen, dass der Körper gesund ist. Das erfordert eine sorgfältige, intelligente Planung. Nur auf dieser Grundlage kann man dann Vitamine einnehmen, um die Stadt zu stärken. Die Vitamine sind der smarte Teil davon, also die Technologie. Meine größte Sorge ist, dass die Menschen denken, dass Technologie städtische Probleme lösen kann. Das kann sie nicht. Die städtischen Bedürfnisse müssen durch intelligente Planung und Gestaltung erfüllt werden, was wirklich harte Arbeit erfordert. Idealerweise sollte intelligente Technologie mit solider Planung kombiniert werden, aber es gibt noch nicht viele gute Beispiele dafür auf der Welt.

**Sie haben gesagt, dass der oberste Zweck einer Stadt darin besteht, das Selbstwertgefühl jedes Bürgers zu steigern. Wie lässt sich das erreichen?**
Das Ziel eines Stadtplaners wird von fünf Prinzipien geleitet. Man braucht Ökologie, um nicht zur Klimaerwärmung beizutragen. Man braucht Bildung, weil man qualifizierte Arbeitskräfte möchte. Man braucht ein gutes Umfeld, damit die Menschen glücklich leben können. Dann entsteht ein Wirtschaftswachstum, weil man Investitionen und Talente in die Stadt lockt. Wenn man die ersten vier Prinzipien umsetzt, gewinnen die Bürger dieser Stadt an Selbstwertgefühl, und aus meiner Sicht muss dies das oberste Ziel eines Stadtplaners sein. Der Fokus auf Umfeld und Ökologie allein ist ein zu niedriges Ziel. Als Planer trägt man eine nahezu heilige Verantwortung für die Menschen seiner Stadt und muss sein Bestes tun, um das zu erreichen.

**Was muss man tun, um den städtischen Herausforderungen der Zukunft gerecht zu werden?**
Die starke Betonung der Technologie als Lösung für städtische Probleme bereitet mir große Sorgen. Wir müssen mehr Gewicht auf die intelligente Planung einer Stadt legen. Architekten und Planer neigen dazu, sich selbst so zu sehen, dass sie ihre kreativen Ideen dem Raum aufzwingen. Ich denke so nicht. Ich betrachte mich als Diener der Städte und ihrer Bevölkerung. Wenn sich Planer, Politiker und Architekten selbst so sehen, dann wird die Welt vielleicht bessere Städte bekommen. ■

Bildervergleich: Istanbul in der Türkei ist eine weitere faszinierende Megastadt. Finden Sie heraus, wie sich ihr Bild in den letzten Jahrhunderten verändert hat.
**on.basf.com/istanbul_d**

# Schutz für die Städte

**BASF** Starkregen, überflutete Flussufer, steigender Meeresspiegel: Überschwemmungen sind für viele Städte auf der ganzen Welt eine Bedrohung. Der Klimawandel verstärkt das. BASF hilft dabei, Städte vor diesen Gefahren zu schützen.

Überschwemmungen in der Stadt sind ein zunehmendes Problem. Wenn die Kanalisation überlastet ist und Regenwasser nirgendwohin abfließen kann, werden Gehwege, Straßen und öffentliche Orte unpassierbar. Steigende Wasserpegel können die Infrastruktur schädigen, Menschen gefährden und sogar Menschenleben kosten. Durch den Klimawandel könnte es zudem weltweit häufiger zu Extremwetterereignissen kommen. Angesichts der Bevölkerungszunahme müssen die Städte daher vor diesen Risiken geschützt werden.

Eine Lösung liegt in den Materialien, die in öffentlichen Bereichen eingesetzt werden. „Das Problem entsteht, weil überschüssiges Wasser nicht abfließen kann“, sagt Christof Grieser-Schmitz, Segment Manager Construction Infrastructure bei BASF. „Viele städtische Flächen sind mit porenfreiem Asphalt oder Beton bedeckt, sodass sich das Wasser in Pfützen sammelt. Das ist nicht nur unangenehm, sondern auch gefährlich.“

### Nicht versiegeln, sondern aufnehmen

Um dies zu verhindern, hat BASF Elastopave® entwickelt, ein innovatives Deckschichtmaterial, das langlebig, fest und zudem wasserdurchlässig ist.

**4.000**

**Liter** Wasser pro Stunde und Quadratmeter kann die Oberfläche von Elastopave aufnehmen.

In Europa wurde Elastopave bereits für Gehwege, Radwege und Parkplätze verwendet, wie zum Beispiel im norddeutschen Lemförde. Das Regenwasser wird auf effiziente Weise zum darunter liegenden Grundwasser geleitet. Wenn sich keine Wasseransammlungen bilden, entstehen auch keine Frostschäden, weniger Schlaglöcher und keine rutschigen Oberflächen. „Elastopave macht Wege und Straßen sicherer und verbessert den Wasserkreislauf einer Stadt“, sagt Grieser-Schmitz.

Die Idee, städtische Flächen zu schaffen, die Regenwasser wie ein Schwamm aufnehmen, setzt sich in China durch, wo die rasante Urbanisierung und zunehmende Überschwemmungen die Regierung veranlasst haben, ein Bauprogramm unter dem Motto „Sponge City“ (Schwammstadt) zu





**Elastocoast schützt die norddeutsche Küste vor der Kraft der Wellen.**

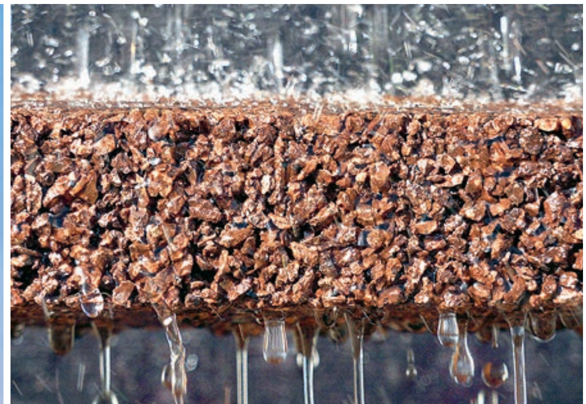
Fotos: Alamy Stock Photo, BASF (2); Illustration: Jörg Block



Der berühmte West Lake in Hangzhou/China. Elastopave wurde 2016 auf einem Weg am See und entlang einer der Hauptstraßen der Stadt verbaut.

05

# Belastbarkeit



**Die Oberfläche von Elastopave ist sowohl stabil als auch durchlässig.**

starten. Hangzhou, eine Stadt mit 9 Millionen Einwohnern im Osten Chinas, muss mit starken Regenfällen und Taifunen sowie mit Überflutungen aus dem Qiantang-Fluss fertigwerden. Mit zunehmender Bevölkerungszahl wurde mehr Fläche versiegelt. Das Entwässerungssystem der Stadt ist inzwischen überfordert. Als Teil der Lösung wurde Elastopave entlang des West Lake der Stadt verbaut.

## Verteilung des Wassers

Wie Hangzhou sind viele Städte an Flüssen oder in Meeresnähe gebaut. Tokio, Schanghai und Mumbai – einige der größten Städte der Welt liegen an der Küste, weil Wasserstraßen als natürliche Transportwege für Waren dienen. Aber steigende Meeresspiegel, Stürme und Sturmfluten bedrohen diese Gebiete zunehmend.

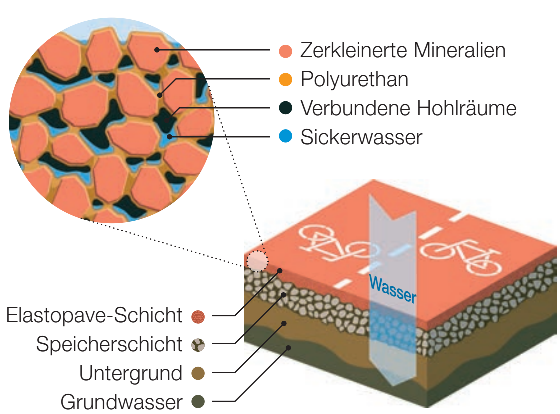
Elastocoast® hilft, diese Herausforderung zu meistern. Es handelt sich wie bei Elastopave um ein wasserdurchlässiges Polyurethansystem. Entlang von Flussufern und Küstenlinien verbaut, verteilt seine offene Struktur das Wasser, reduziert die Geschwindigkeit von Strömungen und schafft einen geeigneten Lebensraum für die Vegetation. Elastocoast wird in Europa und Asien eingesetzt, um sicherzustellen, dass Flüsse, die durch städtische Gebiete fließen, nicht über die Ufer treten und die Meere nicht die Küstenstreifen und Städte überfluten und zerstören.

„Durch die Reduzierung der mit Hochwasser verbundenen Risiken trägt BASF dazu bei, Städte widerstandsfähiger zu machen“, sagt Seung Hun Lim, Manager Construction Infrastructure für Asien bei BASF. ■



## So funktioniert Elastopave

Zerkleinerter Kies oder zerkleinerte Steine und Polyurethan bilden miteinander verbundene Hohlräume, durch die das Wasser versickern kann. Dies füllt die grundwasserleitende Schicht wieder auf und verbessert den Wasserkreislauf.




360°-Video: Schanghai vom Flussufer aus
**on.basf.com/schanghai360**



# Schon gesehen?

**Neuentdeckungen** Inspirierende Innovationen, die unseren Alltag erleichtern und für mehr Nachhaltigkeit sorgen.

## Fahrradsattel neu gedacht



**Produkt** Zwei Schalen sind besser als eine: Ein von Grund auf neu konzipierter Fahrradsattel unterstützt aktiv und rückenfreundlich die Tretbewegungen. Möglich machen dies zwei isoliert voneinander arbeitende Schalen. Die untere trägt das Gewicht, während die obere, flexible das Sitzpolster aufnimmt. Sie kann so den natürlichen Tretbewegungen folgen. Der ergonomische Kern des Sattels besteht aus Infinergy® von BASF, das mit Tausenden leichten und hochelastischen Schaumstoffkügelchen für optimale Dämpfung und Federung beim Fahrradfahren sorgt – und dadurch den Rücken schont. Entwickelt hat den Sattel die Firma Ergon zusammen mit BASF.

**infinergy.basf.com**

## Musik aus dem Pappkarton

**Produkt** Über fünf Jahre hat es gedauert, dann ist es den Stuttgartern Gerd Falk und Markus Blandl mit Bango gelungen, einen Klangverteiler aus Carbon zu schaffen. Das Besondere an ihrer Erfindung: Die Kohlenstofffasern des spinnenartigen Verbundsystems können Schallwellen auf verschiedenste Gegenstände übertragen. So werden selbst schlichte Pappkartons zu neuartigen Lautsprechern.



**bango-music.com**



**carretonpowerhub.com**

## Fahrbare Energiequelle

**Produkt** Erneuerbare Energie direkt vom Marktstand: Der Hurrikan Maria, der Puerto Rico 2017 heimsuchte, brachte Alexandre Díez Gradín auf die Idee. Ein zweirädriger Marktwagen namens CarretOn soll in Notsituationen bei unterbrochener Stromversorgung die benötigte Energie für kleinere Geräte wie Smartphones, Laptops oder medizinische Geräte zur Verfügung stellen. Erzeugt wird der Strom durch zwei 25-Watt-Solarmodule, verkauft auf Märkten oder direkt an der Haustür.

Fotos: BASF, Alexandre Díez Gradín/Careton, Bango Music



# Brennstoffloses Kochgerät

**Produkt** Rund 3 Milliarden Menschen kochen täglich auf offenem Feuer. Wird der Rauch in geschlossenen Räumen eingeatmet, hat dies verheerende Auswirkungen auf die Gesundheit. Zudem trägt die Holzverbrennung wesentlich zum Klimawandel bei. Wonderbag ist ein isolierter Behälter, in dem Speisen, die zuerst auf einem konventionellen Herd angekocht wurden, bis zu zwölf Stunden weiter garen können. Dieses langsame Garen verringert nicht nur die Luftverschmutzung in Innenräumen, sondern es entstehen auch nahrhafte Mahlzeiten. Überdies hat der Koch währenddessen Zeit, andere Dinge zu tun.

**wonderbag.org**

**40 Prozent** der Weltbevölkerung haben beim Kochen keinen Zugang zu sauberen Brennstoffen oder Geräten.*

**3,8 Millionen** Menschen sterben jedes Jahr an den Folgen der Luftverschmutzung, da sie zum Kochen Biomasse verbrennen.**

Das Verbrennen von Festbrennstoffen in Häusern ist für **25 Prozent** der weltweiten Rußemissionen verantwortlich.***



Quellen:
*Weltbank
**Weltgesundheitsorganisation
***Global Alliance for Clean Cookstoves

Fotos: Wonderbag SA (2), Getty Images



23

**Liter** Trinkwasser lassen sich mithilfe eines Quadratmeters Hydrogel täglich aus Meerwasser gewinnen.

## Turbo für sauberes Trinkwasser

**Konzept** Etwas kleiner als eine Langspielplatte ist die schwarze, schwimmende Gelscheibe, die aus Meer- oder Schmutzwasser sauberes Trinkwasser machen will. Bis zu 23 Liter sauberes Wasser pro Quadratmeter Hydrogel soll die zum Patent angemeldete Erfindung nach Angaben von Guihua Yu, PhD, University of Texas/USA, mithilfe der Sonne schaffen. Das lichtschluckende, äußerst feinporige Hydrogel beschleunigt, dass Wasser verdampft und an der Oberfläche kondensiert. Salze, Bakterien und Schadstoffe bleiben im Gel zurück. Angedacht ist, den mobilen Trinkwasserproduzenten etwa in Katastrophengebieten einzusetzen. Aktuell arbeiten Yu und sein Team mit Industriepartnern an geeigneten Herstellungsverfahren.

# Gegen das Verschwenden

**Haltbarkeit** Lebensmittelkonservierung – was früher mit Salzen und Erhitzen getan war, ist heute eine Hightech-Industrie im Spannungsfeld zwischen Technologie und Mülltonne.

Tausende von Jahren, bevor es Fertigmahlzeiten und E-Nummern gab, hat der Mensch natürliche Verfahren eingesetzt, um Lebensmittel vor dem Verderben zu schützen und sie länger haltbar zu machen. Traditionelle Techniken der Lebensmittelkonservierung funktionierten gut, auch wenn der Mensch die zugrunde liegenden wissenschaftlichen Prinzipien nicht verstand. Heute wissen wir, dass Salz Feuchtigkeit entzieht und so die durch Bakterien verursachte Zersetzung verlangsamt. Holzrauch enthält Phenol, einen konservierenden chemischen Stoff, der in Steinkohlenteer enthalten ist. Beim Einlegen von Gemüse in Salzlake wiederum entsteht Milchsäure – und ein hoher Säuregehalt hilft, Lebensmittel frisch zu halten.

Chemikalien, die verhindern, dass Lebensmittel verderben, darunter die nützliche Gruppe der organischen Carbonsäuren, wurden ab dem 18. Jahrhundert aus natürlich vorkommenden Stoffen gewonnen – zum Beispiel Ameisensäure, Salpeter, Salz, Beeren und Steinkohlenteer. Diese Moleküle und ihre Derivate haben uns viele der klassischen Konservierungsmittel beschert, die bei der Massenproduktion von Lebensmitteln eingesetzt werden – darunter Nitrate, Sulfite, Benzoate und Sorbate. Viele von ihnen werden noch heute verwendet. Seit Ende des 19. Jahrhunderts werden sie von BASF und anderen im industriellen Maßstab produziert. Zudem isolierten und benannten Wissenschaftler die wichtigsten Bakterien, die eine Lebensmittelvergiftung verursachen – einschließlich *Clostridium botulinum,* *Escherichia coli* und verschiedene Arten von *Salmonella*. Gleichzeitig fand das Thema Lebensmittelsicherheit auch Eingang in die Gesetzgebung vieler Länder.

**„Die Verbraucher möchten weg von Chemikalien, gleichzeitig wird die Gesetzgebung zur Lebensmittelsicherheit restriktiver.“**

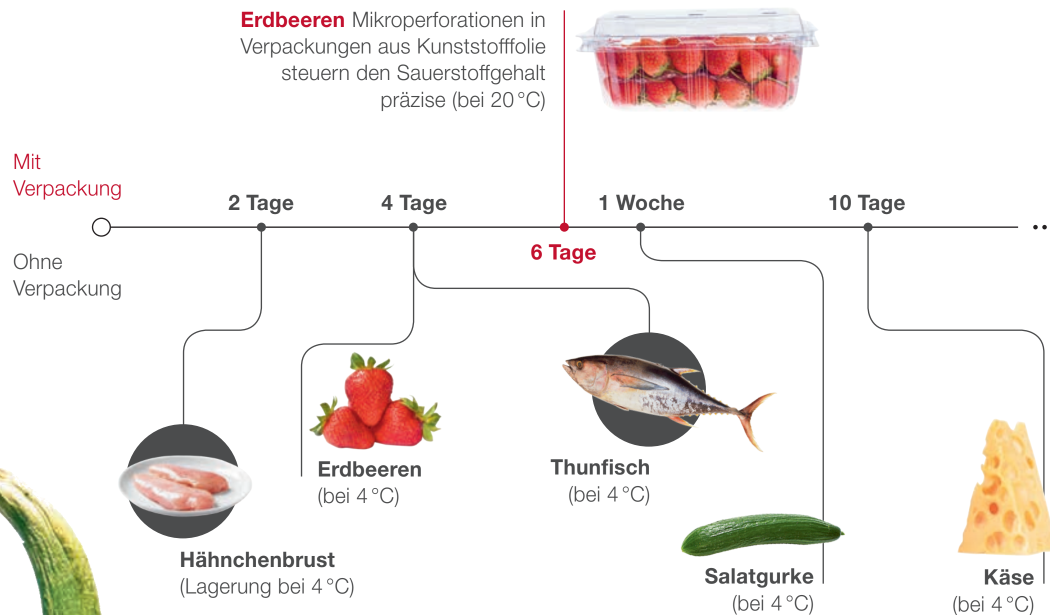
**Mari Carmen Alamar, PhD**
Cranfield University/England

Heute wäre es ohne Konservierungstechniken nicht möglich, die Verbraucher das ganze Jahr über durchgängig mit frischen Lebensmitteln zu versorgen. Eine große Menge der angebauten und erzeugten Produkte würde verderben. Ein Beispiel sind Äpfel: Behandelt mit dem synthetischen Pflanzenwachstumsregulator 1-MCP (1-Methylcyclopropen), der sie langsamer reifen lässt, können sie bis zu einem Jahr gelagert werden. So können die Verbraucher einen größeren Teil der Ernte genießen. Konservierungsstoffe sind allerdings mehr als nur ein bloßer Zusatz: Durch sie kann die Lebensmittelindustrie auf unterschiedliche Witterungsbedingungen sowie Nachfragehochs und -tiefs reagieren.



# Verpackt und unverpackt

**Längere Lebensdauer**
Von Papier und Aluminiumdosen mit Folienbeschichtung bis hin zu anspruchsvollen Kunststoffverpackungen – Verpackungen verlängern die Lebensdauer vieler frischer Lebensmittel und reduzieren Lebensmittelabfälle.






Fotos: Getty Images, ASCS, shutterstock

## Unter Verdacht

Trotz der Vorteile der Lebensmittelkonservierung werden viele Chemikalien, die Lebensmittel länger haltbar machen, verstärkt auf den Prüfstand gestellt. Und einige traditionelle Konservierungsstoffe werden immer weniger akzeptiert. So werden Benzoate und Nitrate, die verwendet werden, um Getränke, Gewürzgurken, Fruchtsäfte und Pökelfleisch haltbarer zu machen, mit einer krebserregenden Wirkung in Verbindung gebracht. Zudem wird ein Zusammenhang zwischen Konservierungsmitteln und Überempfindlichkeit, Hyperaktivität, Allergien sowie Asthma hergestellt. Die Liste der Ursachen für vermutete Nahrungsmittelunverträglichkeiten wächst. Sulfite, die zur Konservierung von Trockenfrüchten sowie von Wein und Bier genutzt werden, wurden 1986 von der US-amerikanischen Lebens- und Arzneimittelbehörde FDA (Food and Drug Administration) aus Frischwaren verbannt und müssen seit 2016 für die Verbraucher in der Europäischen Union als potenzielle Allergene ausgewiesen werden. Die sogenannten synthetischen Antioxidantien werden von der Öffentlichkeit mit Argwohn betrachtet.

Als Reaktion auf Lebensmittelverordnungen, die von Verbrauchern geäußerten Bedenken bei gesundheitlichen Gefahren und eine wachsende „Clean Eating"- Bewegung ändern die Lebensmittelhersteller ihre Rezepturen. Sie reduzieren nicht nur den Salz- und Zuckergehalt, sondern ersetzen auch Nitrate und Benzoate durch ▶

## Äpfel frisch halten

Wie lange sind Äpfel nach dem Pflücken noch frisch? Das hängt davon ab, wie sie gelagert und behandelt werden. Drei Methoden im Vergleich.

**Kühle Lagerung (2 bis 4 °C)**



2 Monate

**Lagerung in kontrollierter Atmosphäre**



6 Monate

**Entzug von Ethylen für eine langsamere Reifung**



1 Jahr

Mit Verpackung

Ohne Verpackung

**Salatgurke**
Perforierte Kunststofffolie
(bei 4 °C)



**14 Tage** (mit Verpackung)

**14 Tage** (ohne Verpackung)



**Hähnchenbrust**
Schutzgasverpackung (Modified Atmosphere Packaging – MAP), Kunststofffolie
(bei 4 °C)

**3 Wochen**



**Pasteurisierte Milch**
Flasche aus hochdichtem Polyethylen
(bei 4 °C)



**Pasteurisierte Milch**
(Lagerung bei 4 °C)

**Quellen:**

foodsafety.gov; modifiedatmospherepackaging.com; perfotec.com; cannedtuna.com; bpf.co.uk; vakuumverpacken.de; dairysafe.vic.gov.au; Petrus et al., 2010; thechocolatejournalist.com

## 5 Lebensmittel, die nie verderben

**Honig** wurde von Archäologen in ägyptischen Gräbern entdeckt. Er kann zwar kristallisieren, ein Verzehr ist aber bedenkenlos möglich.

**Weißer Reis** behält seinen Geschmack und seine Nährstoffe für 30 Jahre, wenn er in einem luftdichten Behälter bei Kühlschranktemperatur gelagert wird.

**Weißzucker** ist aufgrund seiner Widerstandsfähigkeit gegen mikrobielles Wachstum unbegrenzt haltbar, solange er an einem kühlen, trockenen Ort gelagert wird.

**Salz** wird seit der vorgeschichtlichen Zeit zur Konservierung von Lebensmitteln eingesetzt. Bei kühlen, trockenen Lagerbedingungen verdirbt es nie.

**Essig** hält auch ungekühlt nahezu unbegrenzt. Aufgrund seiner Säure ist er selbstkonservierend.

Alternativen wie Sorbate, Citrate und das „natürliche" Antioxidationsmittel Vitamin E und seine Derivate, die Tocopherole.

Mari Carmen Alamar, PhD, Dozentin für Biologie der Nacherntebehandlung an der Cranfield University/England, stellt fest, dass die Verbraucher immer kritischer werden. Sie lehnen es zunehmend ab, dass ihrer Nahrung chemische Stoffe hinzugefügt werden. Sie machen sich weniger Gedanken als früher, wenn Obst und Gemüse äußerlich unvollkommen sind. Stattdessen suchen sie Lebensmittel, die schmecken. Das ist eine Herausforderung: „Die Verbraucher möchten weg von Chemikalien im Endprodukt, gleichzeitig wird die Gesetzgebung zur Lebensmittelsicherheit immer restriktiver", betont Alamar.

### Verpackung, die konserviert

Eine Antwort darauf waren Neuerungen bei Lebensmittelverpackungen. Styropor®, eine 1951 von BASF entwickelte Form expandierten Polystyrols, hat sich als ideal für die Verpackung gekühlter Lebensmittel mit kurzer Haltbarkeit erwiesen. Das Verpacken unter Schutzgasatmosphäre, bei dem die normale Luft in einer Verpackung durch ein Schutzgasgemisch ersetzt wird, ist eine weitere Möglichkeit, Früchte langsamer reifen zu lassen. So kann die Menge reduziert werden, die vor dem Verzehr weggeworfen wird. Solche Innovationen haben jedoch eine unbeabsichtigte Nebenwirkung. „Es ist eine gute Technologie", sagt Alamar. „Doch auch wenn sich mithilfe des Gasgemischs die Lebensmittelverschwendung ohne Chemikalien reduzieren lässt, so erhöht sich wegen der Kunststofffolie der Kunststofffabfall."



Die Bemühungen konzentrieren sich nun darauf, neue Verpackungsformen mit geringerer Umweltbelastung zu entwickeln. Ein Beispiel ist eine Biomassenbilanz-Version von Styropor, das mithilfe von Biogas aus Bioabfällen anstelle von rein fossilen Rohstoffen hergestellt wird. Laut Gregor Haverkemper, Leiter des globalen Marketings für Styropor bei BASF, besteht das Konzept darin, die $CO_2$-Bilanz eines für die Lebensmittelindustrie

**„Es ist unsere Aufgabe als Lebensmittelforscher, die Wissenschaft zu erklären und Schauergeschichten zu widerlegen."**

**Professorin Vibeke Orlien**
Universität Kopenhagen/Dänemark



Fotos: shutterstock, Getty Images, Vibeke Orlien



**Käse**
Vakuumverpackt
in gasundurchlässiger
Kunststofffolie (bei 4 °C)



**Milchschokolade**
Mit Folie beschichtetes
Papier (bei 20 °C)



**Thunfisch**
Aluminiumdose
(bei 20 °C)

**5 Wochen** … **12 Wochen** — **8 Monate** — **1 Jahr** … **5 Jahre**



**Milchschokolade**
(bei 20 °C)



weltweit unverzichtbaren Produkts deutlich zu reduzieren. „Es hat hervorragende Isolationseigenschaften und behält eine konstant niedrige Temperatur, sodass es optimal für Produkte wie Eiscreme, Fisch, Obst und Gemüse ist. Es besteht außerdem zu 98 Prozent aus Luft und ist vollständig recycelbar", erläutert er.

Von der Wiederverwertbarkeit einmal abgesehen wird auch nach kompostierbaren Lebensmittelverpackungen gesucht. Ein weiteres neues von BASF entwickeltes Verpackungsmaterial aus Partikelschaumstoff für Lebensmittel, ecovio® EA, erfüllt diese Bedingungen. Es wird aus pflanzlichen Materialien hergestellt, darunter einem biologisch abbaubaren Polymer, ecoflex®. „Wir freuen uns sehr darüber", erklärt Haverkemper. „Die Verpackung zersetzt sich in städtischen Kompostieranlagen auf natürlichem Weg."

### Mechanische und elektromagnetische Technologien als Alternative

Lebensmittelsicherheit gewährleisten, Lebensmittelabfälle verringern und Umweltbelastung minimieren – das bleiben die vorrangigen Ziele. Dafür werden einige neue Lösungen entwickelt. Mechanische und elektromagnetische Technologien werden bereits als Alternative oder zusätzlich zu chemischen Konservierungsmitteln angewendet. Die Hochdruckbehandlung verleiht versiegelten Fruchtsäften eine längere Haltbarkeit. Und kaltes atmosphärisches Plasma – das das Anlegen hoher Spannungen an Produkte in ihren Verpackungen vorsieht – tötet schädliche Bakterien wie Listerien ab, ohne die Lebensmittel zu beeinträchtigen. Als besonders innovativ im Bereich ▶

Fotos: shutterstock, Getty Images, Andrew Parry

# Haltbar bis ...



**Andrew Parry**
Sonderberater für Lebensmittel und Getränke bei WRAP (Waste and Resources Action Programme) im Vereinigten Königreich.

**Ist es noch unbedenklich, das zu essen?** Das Mindesthaltbarkeits-, Verkaufs- und Verfallsdatum auf Lebensmitteln soll Verbrauchern eine Entscheidungshilfe bieten. Stattdessen herrscht Verwirrung. Lebensmittel werden unnötig weggeworfen. WRAP will das ändern.

**1 Wie viel Essen werfen die Menschen zu Hause weg?** Im Vereinigten Königreich werfen die Menschen jährlich 7 Millionen Tonnen Lebensmittel weg. Der Großteil davon sind nicht zum Verzehr geeignete Lebensmittel und Speisereste. Aber mindestens 2 Millionen Tonnen wandern direkt in den Mülleimer, weil sie verdorben sind oder als nicht mehr genießbar gelten. Das liegt zum Teil daran, dass Lebensmittel nicht richtig gelagert werden – Brot etwa verdirbt schneller, wenn man es im Kühlschrank aufbewahrt. Bei rund einem Drittel ist der Grund jedoch, dass die Menschen den Unterschied zwischen dem Mindesthaltbarkeitsdatum, das die Qualität betrifft, und dem Verfallsdatum, bei dem es um die Lebensmittelsicherheit geht, nicht verstehen.

**2 Wie gehen Sie dieses Problem an?** Wir haben neue Leitlinien für Datumsetiketten und Lagerung erstellt, um das Ganze für die Verbraucher übersichtlicher zu gestalten. Dies umfasst einige einfache Symbole, die von Unternehmen verwendet werden können – wie ein Schneeflocken-Symbol, das anzeigt, welche Lebensmittel zum Einfrieren geeignet sind. Dies hilft außerdem den Verbrauchern zu verstehen, was ein Etikett bedeutet.

**3 Werden Fortschritte erzielt?** Ja. Im Vergleich zu 2007 verschwenden die Haushalte jährlich über 1 Million Tonnen Lebensmittel weniger – ein wirklich deutlicher Rückgang. Außerdem hat der Einzelhandel auf Angebote wie „Zwei zum Preis von einem" inzwischen zugunsten niedrigerer Alltagspreise verzichtet. Heute ist es weitaus üblicher, dass Supermärkte Obst und Gemüse verkaufen, das unter ästhetischen Gesichtspunkten nicht makellos ist. Es wird als „hässlich", „unförmig" oder „unperfekt" vermarktet. Den Verbrauchern gefällt das.

**WRAP** ist eine Organisation mit Sitz im Vereinigten Königreich. Sie wurde im Jahr 2000 gegründet, um Recycling zu fördern und Lebensmittelabfälle zu reduzieren.
**www.wrap.org.uk**



Lebensmittelkonservierung gelten Methoden, die mit Ultraschall, Stoßwellen, Membranfiltration und Elektrolyse die Mikroorganismen inaktivieren, die die Lebensmittel verderben.

Die Wissenschaft macht Fortschritte, aber der Innovationsmotor in der Technologie der Lebensmittelkonservierung wird laut Vibeke Orlien, außerordentliche Professorin am Lehrstuhl für Lebensmittelwissenschaft der Universität Kopenhagen/Dänemark, immer die Erwartung der Verbraucher sein. Es müssten neue Wege gefunden werden, um die Haltbarkeit von Frischware zu verlängern, sagt sie. Doch einige Innovationen würden auf Widerstand seitens der Verbraucher stoßen. Die Öffentlichkeit neige dazu, Angst vor allem Neuen und Wissenschaftlichen zu haben, sobald es um die eigenen Grundbedürfnisse geht. „Einige Menschen glauben etwa fälschlicherweise, dass die Anwendung ionisierender Strahlung bei Lebensmitteln, wie sie in Europa bei Kräutern und Gewürzen praktiziert wird, diese radioaktiv macht. Doch die Weltgesundheitsorganisation hat bestätigt, dass dies sicher ist. Es ist unsere Aufgabe als Lebensmittelforscher, die Wissenschaft zu erklären, um Schauergeschichten zu widerlegen“, stellt sie fest.

## Chemikalien retten Leben

Welche neuen Technologien auch immer auftauchen werden: Man sollte vorsichtig dabei sein, auf chemische Stoffe zu verzichten, die uns nachweislich schützen. Dies betont Hugh Pennington, emeritierter Professor für Bakteriologie an der University of Aberdeen/Schottland. Lebensmittelvergiftungen sind nach wie vor weltweit eine häufige Krankheits- und Todesursache. Allein in den Vereinigten Staaten sind sie jährlich für 76 Millionen Krankheitsfälle, 325.000 Krankenhausaufenthalte und 5.000 Todesfälle verantwortlich.

Bei unserem Streben nach Sauberkeit und Naturbelassenheit drohen wir zu vergessen, dass Chemie Millionen von Menschenleben gerettet hat, fürchtet Pennington und ergänzt: „Solange es keine belastbaren wissenschaftlichen Anhaltspunkte gibt, die nahelegen, traditionelle Konservierungsmittel zu reduzieren oder ganz darauf zu verzichten, sollten wir nicht daran rütteln.“ ■

# Essen, das nie auf unseren Tellern landet

**Untragbare Verluste** Ungefähr ein Drittel der weltweit für den menschlichen Verzehr produzierten Lebensmittel verdirbt jedes Jahr oder wird verschwendet, so die Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (FAO). Eine solche Verschwendung können wir uns nicht leisten. Wie kommt es dazu?

**Welche Gruppen von Lebensmitteln verderben weltweit am meisten?**

20 % Ölsaat, Fleisch und Milchprodukte



40–50 % Wurzelgemüse, Obst und Gemüse



35 % Fisch



30 % Getreide



**Auf welcher Stufe der Wertschöpfungskette kommt es zu Verlust oder Verschwendung von Lebensmitteln?**

**Entwicklungsländer**
**40 Prozent** der Verluste entstehen nach der Ernte und bei der Verarbeitung.



**Industrieländer**
Über **40 Prozent** der Verluste entstehen auf Einzelhandels- und Verbraucherebene.



**Die jährlichen Lebensmittelabfälle pro Kopf variieren von Region zu Region.**

Europa und Nordamerika




Subsahara-Afrika, Süd- und Südostasien



**6–11 Kilogramm**

Fotos: Adobe Stock, Getty Images

# Wie die Natur konserviert

**Die Hemmstoffe** Länger frisch – welche Kräfte in natürlichen Konservierungshelfern wirken.

**Fast alle Lebensmittel fangen irgendwann nach der Ernte oder Produktion an, sich zu zersetzen. Wenn sie der Luft ausgesetzt sind, beginnt der Oxidationsprozess. Oder es wachsen Mikroorganismen, die dafür sorgen, dass Lebensmittel verderben und in einigen Fällen giftig werden. Wenn diese Prozesse verhindert oder verlangsamt werden, bleiben die Lebensmittel länger frisch und zum Verzehr geeignet. Die Natur bietet dafür mehrere Möglichkeiten, die der Mensch übernommen und angepasst hat.**




## Das großartige Antioxidationsmittel

Vitamin E ist ein fettlöslicher chemischer Stoff mit antioxidativen Eigenschaften. Er findet sich in Weizenkeimöl, Eigelb und Blattgemüse. Vitamin E verlängert die Haltbarkeit vieler Lebensmittel – wie Backwaren und Milchprodukte sowie Fisch, Gemüse und Zitrusöle –, indem es die Oxidation verhindert. BASF ist der weltweit führende Originalanbieter von natürlichem Vitamin E und gemischten Tocopherolen, die unter dem Produktnamen Covi-Ox® vertrieben werden.




## Von der Gärung bis zur Konservierung

Propionsäure ist ein natürliches Nebenprodukt der Verdauung, das Kühe und sogar Menschen in ihrem Verdauungstrakt erzeugen. Die industriell gefertigte Variante dient dazu, die Schimmelbildung in Futtergetreide und Silofutter zu verhindern. Wird sie in ihr Kalziumsalz umgewandelt, hilft sie auch dabei, verpacktes Brot frisch zu halten. BASF ist der weltweit führende Hersteller von Propionsäure.

## Das Geheimnis des ewigen Lebens?

Honig hält nicht nur scheinbar ewig, sondern kann auch dazu verwendet werden, andere Lebensmittel und organische Substanzen zu konservieren. Die alten Ägypter benutzten ihn, um wertvolles Saatgut haltbar zu machen und die Körper ihrer Toten einzubalsamieren. Archäologen haben kürzlich 4.000 Jahre alte Wildbeeren und Nüsse, die in Honig eingelegt waren, in einer Grabstätte in Georgien gefunden. Man ist der Meinung, dass die konservierende Wirkung nicht nur auf die hohe Konzentration an antibakteriell wirkendem Zucker, sondern auch auf die natürlichen antibiotischen Stoffe im Honig zurückzuführen ist.



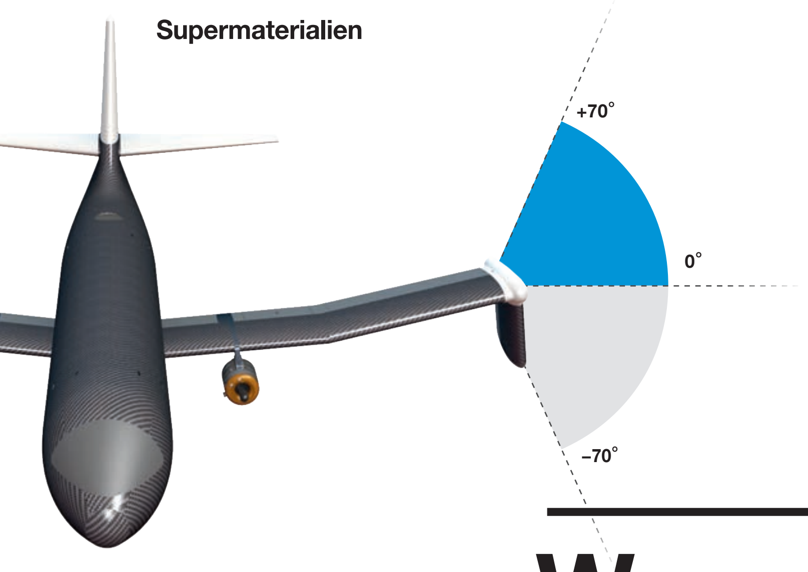




## Ein antibakterielles Mittel

Ameisen versprühen Säure, um ihre Feinde abzuwehren und ihre Beute zu betäuben. Ameisensäure trägt den lateinischen Namen acidum formicum (formica: Ameise). Sie ist ein natürliches und antibakterielles Konservierungsmittel. Der englische Naturforscher John Ray destillierte 1671 erstmals Ameisensäure, indem er tote Ameisen in einem Kolben erhitzte. Heute wird sie industriell aus Kohlenmonoxid und Wasser als Konservierungsstoff für die Tierfutterindustrie hergestellt. Die weltweit größten Produzenten von Ameisensäure sind immer noch die Ameisen, aber in der Welt der Menschen ist es BASF.

Fotos: Getty Images




70°

Die Flügelspitzen des NASA-Testflugzeugs lassen sich während des Flugs ohne schwere Hydrauliksysteme 70 Grad nach oben und nach unten klappen.

# Wenn Werkstoffe mitdenken

**Intelligente Produkte** Materialien werden immer schlauer. Forscher arbeiten daran, dass sie ähnlich wie lebende Organismen auf ihre Umgebung reagieren. Ein Blick in die Welt selbstorganisierender Materialstrukturen.

## Fliegen wie ein Vogel

**Selbstfaltend**

Luftfahrtingenieure versuchen seit Langem, die Aerodynamik von Vögeln nachzuahmen. Doch während die Flügel von Vögeln fließend die perfekte Form für unterschiedliche Flugbedingungen annehmen, sind Flugzeugflügel starre Strukturen. Ihre Form kann nur durch das Öffnen von Lamellen und Klappen verändert werden. Diese werden durch hydraulische Mechanismen aktiviert, die schwer sind und viel Platz benötigen. Könnte man auf sie verzichten, würde das Flugzeug leichter und weniger Treibstoff verbrauchen. Formgedächtnislegierungen (FGL) in den Flügeln könnten hier eine Lösung sein. Eine FGL, auch intelligentes Metall genannt, ist eine Legierung, die sich „erinnert“ und durch einen Reiz wie Wärme oder Strom wieder in ihre ursprüngliche Form zurückspringt. Ist sie in die Flügel eingebettet, kann sie aktiviert werden, um deren Form während des Fluges zu verändern. NASA, Boeing und Airbus arbeiten mit Forschern zusammen, um die Idee zu testen. Ziel ist es, Flügel zu schaffen, die sich so sanft wie die eines Vogels biegen und die Luftbedingungen in jeder Flugphase optimal nutzen.

**bit.ly/foldingwings**

## Nie wieder Spider-App

**Selbstheilend**



Selbstheilend wie Haut, hart wie Zahnschmelz – nach diesen Vorbildern der Natur sollen sich Displays von Handys künftig bei Beschädigungen selbst reparieren, geht es nach dem Willen der Forscher des chinesischen Harbin Institute of Technology. Weltweit arbeiten Forscher an solchen selbstheilenden Beschichtungen. Aber die bisher entwickelten Lösungen sind relativ weich und lassen sich daher nur eingeschränkt verwenden. Das Team um den Wissenschaftler Xiadong Qi verspricht nun, eine harte Oberfläche smart zu machen. Dafür trugen sie einen weichen Kunststoff auf ein Trägermaterial auf und überzogen die Schicht mit einem weiteren Kunststoff. In diesen ist Graphenoxid eingebettet, das für die nötige Härte und Belastbarkeit sorgt. Wird die Oberfläche verletzt, füllt sich der Riss durch die Bewegung der weichen Polymerschicht wieder – mithilfe von Feuchtigkeit. Das neuartige Material der chinesischen Forscher ist bisher allerdings noch nicht durchsichtig genug, um es schon in Displays einzusetzen.

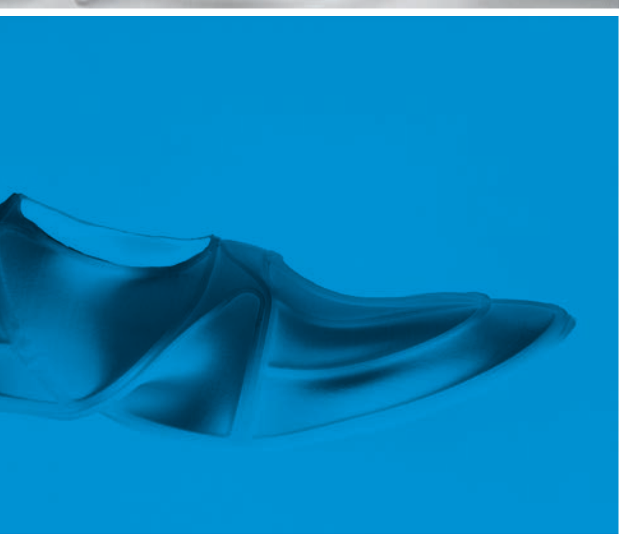





Fotos: NASA, Shutterstock+Google Pixel, Active Shoes MIT, BASF









**10 %**

**leistungsfähiger**
Um bis zu 10 Prozent kann eine Kühlung mit dem BASF-Superabsorbervlies bei Hitze die körperliche Leistungsfähigkeit steigern.



# Schuhe aus dem 3D-Drucker

### Selbstformend

Mehr als 200 Arbeitsschritte können nötig sein, um ein Paar Schuhe herzustellen. Und trotzdem passen sie nicht immer perfekt. Die Produktdesigner Christophe Guberan und Carlo Clopath haben einen neuen Weg in der Schuhherstellung eingeschlagen. Inspiriert wurden sie dabei von der Tradition des Handwerks, verbunden mit dem Wunsch, die verwendeten Verfahren und Materialien zu verändern. Gemeinsam mit Skylar Tibbits vom Self-Assembly Lab des MIT in Cambridge/USA haben sie eine Produktionsmethode entwickelt, die weniger komplex ist und zu einem selbstformenden und anpassungsfähigen Paar Schuhe führt. Ein 3D-Drucker extrudiert eine Linie aus Kunststoff auf ein gestrecktes Gewebe in einem präzisen Muster, das in der Dicke variiert. Wenn der Stoff geschnitten und aus seiner gestreckten Position gelöst wird, „springt“ das zweidimensionale Muster in die vorprogrammierte dreidimensionale Form des Schuhoberteils – eine geometrisch komplexe Form, die sowohl flexibel als auch stabil ist.

**christopheguberan.ch**

# Klimaanlage zum Anziehen

### Selbstkühlend

Strengen wir uns körperlich an, benötigen wir rund 75 Prozent der Energie nur dafür, uns vor Überhitzung zu schützen. Hier kommt Luquafleece® von BASF ins Spiel: Das innovative Material kann als Innenleben von Funktionskleidung für Sport, Arbeit oder den medizinischen Bereich eingesetzt werden. In das dreidimensionale Superabsorbervlies sind Wassermoleküle direkt eingelagert. Mit diesem Netz aus Makromolekülen kann das Material das Zwanzigfache seines Gewichts an Wasser aufnehmen, es aber gleichzeitig so fest binden, dass die Funktionstextilien nach außen trocken bleiben. Wird es warm, verdunstet das Wasser und kühlt dadurch den Körper. Je höher dabei die Umgebungstemperatur und Belastung sind, desto größer ist der Effekt.

**on.basf.com/luquafleece_d**

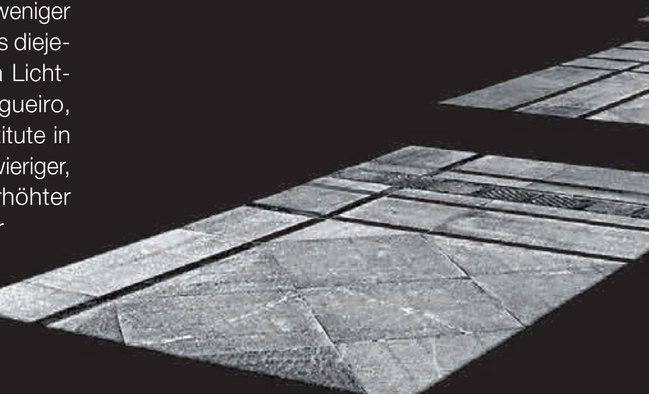


# Es werde Licht

Leistungsfördernd, stimmungsaufhellend, sogar heilend – richtig dosiertes Tageslicht tut dem Menschen erstaunlich gut. Experten verschiedenster Couleur bringen Licht ins Dunkel und bauen dabei auf die Natur.

Tageslicht kann Leben retten: Dies ist das Fazit von Forschern, die Patientinnen auf der Intensivstation einer Klinik im kanadischen Alberta beobachteten. Diejenigen, die in einem sonnendurchfluteten Zimmer lagen, überlebten einen Herzinfarkt deutlich häufiger als ihre Mitpatientinnen in düsteren Räumen und erholten sich zudem schneller. Zwar ist dies nur ein Puzzlestein, doch das im Laufe der Zeit gesammelte Wissen fügt sich Stück für Stück zu einem stimmigen Bild: Natürliches Licht wirkt sich positiv auf Gesundheit und Wohlbefinden aus. Bereits vor 125 Jahren therapierte der skandinavische Arzt Niels Ryberg Finsen unter anderem Pocken mit Tageslicht – und erhielt dafür den Medizin-Nobelpreis. Und heute steuert die Forscherin und Architekturprofessorin Mariana Figueiro aus den USA mit ihrem Licht-Tisch neue Erkenntnisse bei. Das in den Raum strahlende Rechteck erinnert ein wenig an ein überdimensioniertes Smartphone, das auf vier glänzend-metallischen Beinen ruht. Sein Leuchten sorgte in einem Altenheim dafür, dass Alzheimer-Patienten, die daran saßen, ruhiger wurden, besser schliefen und weniger depressiv waren.

Figueiro beobachtet die positiven Wirkungen von Tageslicht in Umgebungen, in denen die meisten Störfaktoren kontrollierbar sind – wie im Krankenhaus oder Altenheim. Im Büroalltag ist das ungleich komplizierter, doch sie sieht auch hier positive Effekte. „Unsere Studien zeigen, dass Büroangestellte, die eine höhere Dosis Tageslicht erhalten, einen besseren Schlaf sowie weniger Depressionen und Stress erleben als diejenigen, die ihre Tage bei schlechten Lichtverhältnissen verbringen“, sagt Figueiro, die am Rensselaer Polytechnic Institute in New York forscht. Es sei jedoch schwieriger, den Zusammenhang zwischen erhöhter Lichtexposition und verbesserter Leistung nachzuweisen. „Wir haben heute die technologischen Werkzeuge, um uns die vielen Effekte von Licht zu erschließen“, ergänzt Figueiro. Es sei ein Jammer, dass diese Ressource noch so wenig genutzt werde. „Licht“, betont der Hamburger Lichtplaner und Ingenieur Professor Peter Andres, „ist ein Grundnahrungsmittel.“ Das Know-how zu den Themen Licht und Energie aus unterschiedlichen Fachbereichen bündelt bei BASF der Architekt Cristobal Garrido. Smart Daylight Management heißt sein Start-up-ähnliches Projekt, das Lösungen zur optimalen Lenkung von Tageslicht entwickelt. „Die Architektur“, sagt Garrido, „befindet sich dank neuer Erkenntnisse an der Schwelle eines neuen Zeitalters des Lichts. Damit können wir endlich den Menschen und nicht mehr das Gebäude in den Fokus stellen.“



### Beleuchtung nach Biorhythmus

Drei Buchstaben sind es, die Lichtexperten unterschiedlichster Couleur elektrisieren: HCL. Das Kürzel steht für Human Centric Lighting, humanzentriertes Licht: eine Beleuchtung, die sich nach den Bedürfnissen des menschlichen Biorhythmus ausrichtet. Und drei Faktoren sind es, die dem weltweiten Trend HCL zum Durchbruch verhelfen könnten: Erstens ist es die Entdeckung amerikanischer Neurologen, die einen Rezeptor im Auge fanden, der nicht zum Sehen da ist, sondern die innere Uhr des Menschen steuert. Eine Erkenntnis, auf der Forscher wie Figueiro aufbauen und stetig neues Wissen zutage fördern. Zweitens steht ein effizienter Umgang mit Energie unter Ausnutzung natürlicher Ressourcen wie Tageslicht schon länger auf der Agenda von Gebäudeplanern. Schließlich ermöglicht eine jüngere Innovation nun die



Fotos: Serge Najjar, Getty Images

## Lichtkonzepte gestern und heute

Ob in der Antike oder Moderne – Baumeister pflegten schon immer eine besondere Beziehung zu Licht.

**Ägyptische Sonnenwunder**
Die alten Ägypter planten den Felsentempel von Abu Simbel einst so, dass nur zwei Mal im Jahr für etwa 20 Minuten Sonnenstrahlen eindringen. Nur zum Zeitpunkt dieser Sonnenwunder fällt das Licht auf drei Götterstatuen, die aus dem 13. Jahrhundert v. Chr. stammen.

**Gotisches Licht**
Kirchenbauten transparent machen für die göttliche Weisheit: Diese Idee liegt den gotischen Kathedralen des Mittelalters zugrunde. Durch das Licht, das über große, farbige Glasfenster in den Innenraum dringt, sollten Gläubige die Ahnung einer höheren Wirklichkeit erfahren.

**Künstliche Beleuchtung**
Auf der Weltausstellung 1900 in Paris wurde zum ersten Mal elektrisches Licht als Beleuchtung für Architektur in großem Stil in Szene gesetzt. Der Eiffelturm erstrahlte weithin sichtbar in künstlichem Licht. Fortan sollten neue Gebäudeformen, die sich nicht am Tageslicht orientieren mussten, möglich werden.

**Seit der Wiedereröffnung 2014 wölbt sich eine Lichtkuppel aus Stahl und Glas über dem Fulton-Bahnhof in Manhattan, New York/USA**

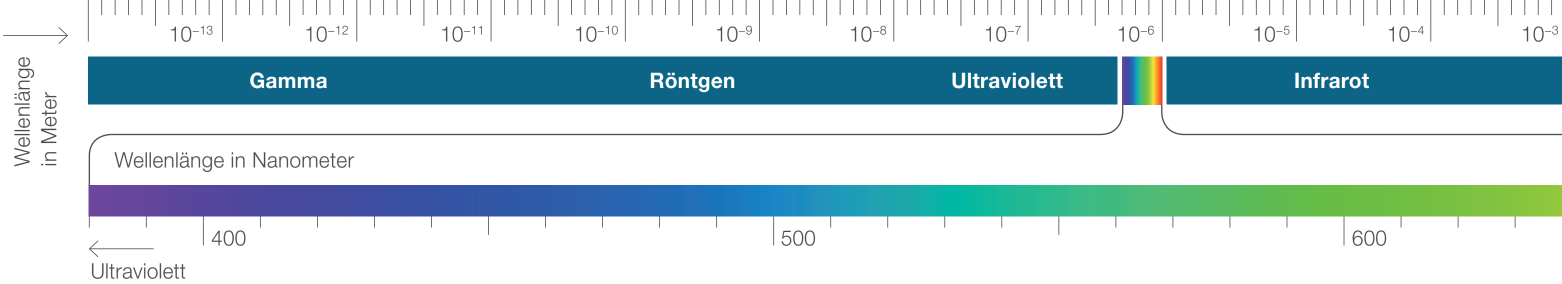


**„Die Architektur befindet sich an der Schwelle eines neuen Zeitalters des Lichts.“**

**Cristobal Garrido**
Experte für smartes Tageslichtmanagement in Gebäuden, BASF

praktische Anwendung dieser Erkenntnisse: Licht emittierende Dioden, kurz LEDs. Sie sind mittlerweile so ausgereift, dass sich Innenräume auch bei einem Mangel an Sonne so ausleuchten lassen, wie es natürlichem Licht entspricht. Einen zusätzlichen Schub könnte diese HCL-unterstützende Technologie dadurch erfahren, dass derzeit viele alte Leuchtmittel und Leuchten am Ende ihrer Lebensdauer angelangt sind und ausgetauscht werden müssen. „Gerade in öffentlichen Gebäuden gibt es nun oft einen Druck, umzurüsten“, weiß Andres, der Helligkeit in den Flughafen Hamburg oder in die Eingangsbereiche der Alten Pinakothek in München bringt.

Lichtplanung, die sich am Menschen ausrichtet, ist dabei keineswegs ein schöngeistiges Wohlfühl-Projekt: Große Wohn- und Bürogebäude konkurrieren mittlerweile weltweit um Investoren. „Jeder will da ganz vorne sein“, sagt Cristobal Garrido. So beschäftigen Garrido wie auch die Konkurrenz zunehmend menschliche Kriterien: Fühlen sich Mitarbeiter in den Gebäuden wohl? Trägt die Bauweise zu ihrer Produktivität bei? Bisherige Lösungen, Tageslicht in Gebäude zu leiten, überzeugen den studierten Architekten ästhetisch kaum: „Das ▶




# Licht – was ist das?

Ein Blick auf das Spektrum des Lichts, angrenzende Wellenlängen – und wie Licht wirkt.

**Licht** ist der Teil der elektromagnetischen Strahlung, den wir mit den Augen sehen können. Der sichtbare Bereich von Tageslicht besteht aus Wellen mit einer Länge zwischen 380 und 780 Nanometern. Darüber hinaus gibt es den nicht sichtbaren Ultraviolett (UV)-Anteil (100 bis 380 Nanometer).

**UV-Licht** regt die Bildung des für die Knochen wichtigen Vitamin D an. Zu viel UV-Licht kann aber die Haut schädigen. Den ebenfalls unsichtbaren Infrarot-Anteil von Licht zwischen 780 und 1.000 Nanometern nehmen wir als Wärme wahr.

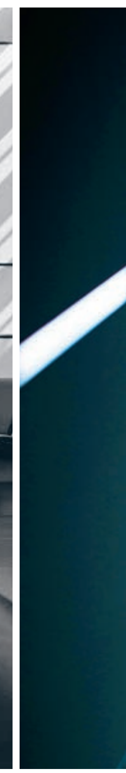
waren brachiale Eingriffe, die die Fassade zerstört haben – oder die kreative Freiheit der Architekten einschränken.“

Statt auf die Brechstange zu setzen, entwickelt Garrido mit seinem BASF-Team nun fein abgestimmte, modulare Lösungen zur Lichtlenkung, die sich sowohl kleinteilig in Bestandsbauten einfügen als auch als Gesamtsystem im Neubau einsetzen lassen. Erstes Element dabei ist eine Spezialfolie an der Fassade – mit Millionen winziger Spiegel, an deren optimalem Neigungswinkel Forscher wie Dr. André Kostro tüfteln. Die Folie soll so viel an Sonneneinstrahlung wie möglich über einen Lichtschacht ins Gebäudeinnere leiten. Eine vertrackte Aufgabe, denn einerseits darf dabei so wenig natürliches Licht wie möglich verloren gehen, andererseits ändert sich der Himmel ständig. „Was den Lichteinfall angeht, ist jedes Jahr, jeder Tag, ja jede Stunde anders“, sagt BASF-Innovationsforscher Kostro. Und jedes Gebäude, weshalb das BASF-Team gemeinsam mit den österreichischen Beleuchtungsexperten vom Unternehmen Bartenbach berechnet hat, wie sich Tausende Parameter – von Raumhöhen über Flächen bis zu Baumaterialien – auf das Funktionieren des Systems auswirken. Mit zwei bis sechs verschiedenen Folienkombinationen wollen die Forscher nun unterschiedlichen räumlichen wie geografischen Gegebenheiten von Nordschweden bis Südafrika gerecht werden.

### Spieglein, Spieglein – in der Folie

Mit reflektierender Folie ausgekleidet sind auch die Lighttubes. Das sind Lichtröhren, die die Lichtstrahlen von draußen in die Tiefe des Gebäudes führen. Dieses natürliche Licht wird über sogenannte Luminaires, Leuchtkörper an der Decke, aufgenommen und in die fensterabgewandten Bereiche gelenkt. Sie sind umrandet von LEDs, die übergangsweise einspringen, wenn das natürliche





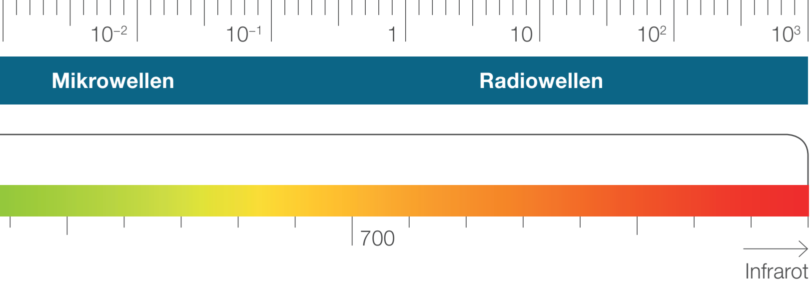
## „Licht ist ein Grundnahrungsmittel.“

**Professor Peter Andres**
Lichtplaner, Hamburg

Licht einmal nicht reicht. Das Smart Daylight Management von BASF soll mit einem ausgeklügelten Messsystem arbeiten, das lernfähig ist und individuelle Lichtvorlieben und -bedürfnisse der Menschen abspeichert und je nach Situation reagiert.

Zukunftsmusik? Keineswegs: Die Forscherin Figueiro experimentiert bereits mit einem Sensor-Armband, das misst, wie viel Tageslicht der Träger im Laufe eines Tages abbekommt – und wie sich das auf sein Wohlbefinden auswirkt. Ein erstaunliches Ergebnis: Obwohl die Büroangestellten in Bereichen mit Lichtverhältnissen arbeiteten, die den geltenden Normen und empfohlenen Lichtverhältnissen entsprachen, erhielten sie nicht genug Licht, um ihren Biorhythmus tagsüber auf Trab zu bringen. „In solchen Fällen könnte ein personalisierter Sensor helfen. Dieser kommuniziert mit dem Lichtsystem zu Hause, das dieses Defizit dann ausgleicht.“ Was Figueiro zufolge dabei allerdings nicht funktioniert: Das morgendliche Minus mit abendlicher Bestrahlung wieder aufzufüllen. „Lichtanteile, die am Morgen

Fotos: Getty Images




**Ein Rezeptor** im Auge, der erst vor wenigen Jahren entdeckt wurde, reagiert speziell auf Helligkeit und den Blauanteil im Licht. Auf solch „blaues Licht" springt eine Schaltzentrale im Gehirn an: der Hypothalamus. Er sorgt dafür, die Ausschüttung des Hormons Melatonin zu unterdrücken, das den Tag-und-Nacht-Rhythmus steuert.



Links: **Mit seinen raumhohen Glasfronten strotzt der Hamburger Flughafen nur so vor Tageslicht.**

Rechts: **Abstrakte Lichtlinien durchziehen die Pinakothek der Moderne in München.**

aktivierend wirken, können den Schlaf am Abend deutlich verzögern", erklärt die Wissenschaftlerin, die daher von Tablet und Smartphone kurz vor dem Zubettgehen abrät. „Gute Lichtplanung bildet den natürlichen Tageslicht-Rhythmus nach und ergänzt ihn, wo notwendig. Sie manipuliert nicht", betont Andres. Wer etwa Schüler, wenn sie müde werden, einer massiven Lichtdusche aussetze, betreibe Lichtdoping. „Das ist in etwa so, als würde man Kindern Espresso in die Schulmilch geben." Und das geht natürlich nicht. Garrido ergänzt: „Smartes Lichtmanagement heißt stattdessen, den natürlichen Tages- und Nachtkreislauf zu unserem Vorbild zu machen." ■

Fotos: Getty Images

# Drei Orte, die Licht intelligent lenken

**Clevere Spiegeltechnik** beleuchtet historische Bauten, hochmoderne Gebäudekomplexe und ganze Dörfer.



**Leuchtturm der Demokratie**
Es war der der britische Stararchitekt Sir Norman Foster, der die Kuppel des Reichstagsgebäudes in Berlin als „Leuchtturm der Demokratie" konzipierte. Im Inneren der Konstruktion aus Stahl und Glas sitzt ein trichterförmiges Lichtumlenkelement.
30 Reihen mit jeweils zwölf Spiegeln führen das diffuse Tageslicht in den 10 Meter tiefer gelegenen Plenarsaal. Eine Computersteuerung passt den Einfall des Lichts durch die Glasfenster an – je nach Tages- und Jahreszeit.



**Kommunizierende Spiegel bringen Erleuchtung**
42 Meter lang ragt ein rechteckiges, reflektierendes Bauteil aus dem 28. Stock des australischen Hochhauskomplexes One Central Park. Dieser sogenannte Cantilever überschattet auf den ersten Blick das Nebengebäude. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass beide Türme über Spiegelelemente miteinander kommunizieren. Am Dach des niedrigeren Gebäudes sind motorbetriebene Spiegel angebracht, die die Sonneneinstrahlung je nach Einfallswinkel zum Cantilever lenken. Von dort aus wird das Licht von Paneelen in das darunter liegende Geschäftszentrum, die Gemeinschaftsbereiche und die Pool-Terrasse geführt.



**Licht statt Schatten mit Heliostaten**
Bis vor fünf Jahren fristete die norwegische Kleinstadt Rjukan ein Schattendasein. Von Oktober bis März war der in einem engen Tal gelegene Ort nahezu von direktem Licht abgeschnitten. Abhilfe schaffen nun drei auf einem Berg über der Stadt installierte Heliostaten: Spiegel, die während des Winterhalbjahres digital gesteuert dem Lauf der Sonne folgen, schicken deren Strahlen auf den 600 Quadratmeter großen Marktplatz.
Die Energie der Sonne wird auch für den Betrieb der Anlage genutzt: Solarzellen liefern den Strom für die Ausrichtung und automatische Reinigung der Spiegel.

# Produkte, die es in sich haben

**Design** Taschen aus Leder hat jeder. Aber aus Holz? Ein weltweiter Blick auf Objekte, die aus ungewöhnlichen Materialien bestehen.



NEW YORK / USA

## 1. Pilze mit Leuchtkraft

**Produkt** Pilze in der Wohnung? Eigentlich unerwünscht. Nicht so bei der New Yorker Designerin Danielle Trofe. Sie lässt sie als Lampenschirme wachsen. Dafür mischt sie flüssiges Pilzmyzel mit landwirtschaftlichen Abfallprodukten wie Schalen von Getreidekörnern und Maisstängeln. Während der Pilz in speziellen Gussformen wächst, verbindet er sich mit dem stabilisierenden Biomaterial. Das dauert nur wenige Tage, dann kann das Material erhitzt und getrocknet werden, sodass der Pilz keine Sporen mehr bildet. Zum Abschluss eine Lackierung mit Farbe auf Milchbasis und fertig ist der organische Pilzlampenschirm mit dem Namen Mush Lume.

**daniellетrofe.com**



TAIPEH/TAIWAN

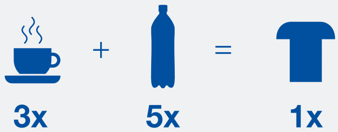
## 2. Funktionskleidung aus Kaffee

**Produkt** Kaffeereste von Starbucks oder der Kette 7-Eleven landen in der taiwanesischen Hauptstadt Taipeh nicht mehr im Abfall, sondern bei der Textilfirma Singtex. Dort entsteht daraus Sport- und Freizeitkleidung: Der Kaffeesatz wird zerkleinert und mit recycelten Polyesterfasern aus alten Plastikflaschen vermischt. Die Kaffeebestandteile sind geruchsreduzierend, schnell trocknend und bieten zusätzlich Schutz vor UV-Strahlen. Singtex beliefert damit Markenhersteller wie Hugo Boss, The North Face oder Nike.

**scafefabrics.com**

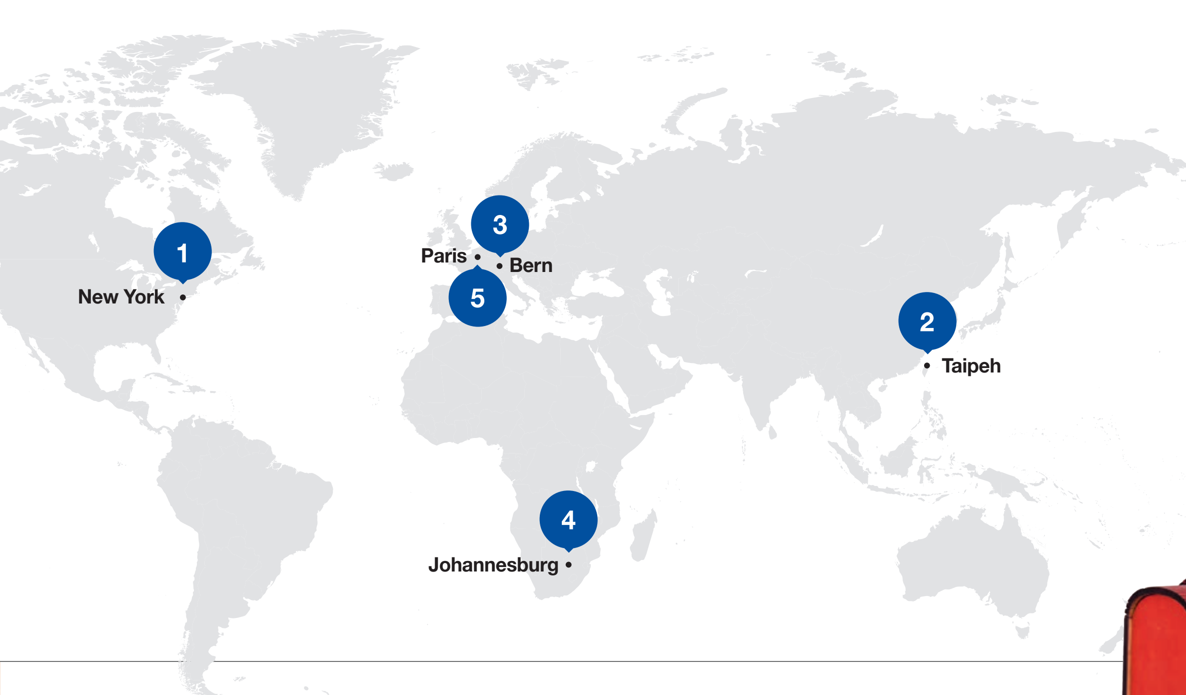
500

**Kilogramm**
Kaffeesatz gehen täglich statt in den Abfall in die Textilien der Linie S.Café®.




Der Abfall von 3 Tassen Kaffee und 5 Plastikflaschen ergibt ein T-Shirt.

Fotos: JAM Editions/Danielle Trofe, SINGTEX® INDUSTRIAL CO., LTD.






BERN/SCHWEIZ

## 3. Rizinus stabilisiert die Uhr

Produkt Fast jeder kennt sie und nicht wenige tragen sie am Handgelenk: die Schweizer Bahnhofsuhr, deren ikonografisches Design der Uhrenhersteller Mondaine seit den 1980er-Jahren im Kleinformat anbietet. Die neue Serie des zeitlosen Modells wurde gemeinsam mit der BASF designfabrik® entwickelt. Dabei nutzt Mondaine nachwachsende Rohstoffe: Das Uhrengehäuse bei der Serie essence besteht aus dem hochwertigen Polyamid Ultramid® S Balance, das BASF zu über 40 Prozent aus Rizinusöl herstellt. Bei Uhren wird es erstmals verwendet, im Autobau findet es sich unter anderem bereits in Schnellkupplungen von Kraftstoffleitungen.

**designfabrik.basf.de**

JOHANNESBURG/SÜDAFRIKA

## 4. Designertaschen aus Holz



Produkt
Taschen gibt es in jeder nur erdenklichen Form und Farbe. In solch einem gesättigten Markt ist es schwer, sich etwas Neues auszudenken. Die Designer bei Indalo in Südafrika haben jedoch mit einer Reihe von Taschen aus einem äußerst nachhaltigen Material – Holz – einen neuen Ansatz gefunden. In ihrem Atelier in Tembisa, Johannesburg, werden Rucksäcke, Geldbörsen und Kartenhalter aus mitteldichten Faserplatten aus Hart- und Weichholzresten lasergeschnitten und mit gefärbten Lederbändern sowie ethnischen Mustern und Drucken veredelt.

**indalodecor.com**

PARIS/FRANKREICH

## 5. Seidenraupenkokons für organische Formen

Konzept Die französische Experimentaldesignerin Marlène Huissoud wurde von klein auf durch die Kreativität von Insekten inspiriert. Sie verwendet deren Nebenprodukte, darunter Seidenkokons, als Werkstoffe in ihren Arbeiten. Seidenkokons werden in Asien traditionell für die Schönheitspflege verwendet. Beim Eintauchen in Wasser setzen sie Sericin frei, eine Substanz, die die Haut mit Feuchtigkeit versorgt. In einer Kreation hat Huissoud einen Wasserbehälter, einen Kokonbehälter und einen Hocker aus Hunderten von Seidenkokons hergestellt. Die organischen Formen wurden dann in Bronze gegossen, um bleibende Objekte zu schaffen.



**marlene-huissoud.com**



# Mangelware Sand

**Sand** gilt nach Wasser als der wichtigste Rohstoff weltweit. Doch die frei verfügbaren Reserven der millimetergroßen Körnchen werden langsam knapp. Wie Wissenschaftler das ändern wollen.

Unser Alltag ist auf Sand gebaut. Buchstäblich. Er findet sich fast überall: in Glas, in der Zahnpasta, im Haarspray und sogar in Flugzeugtriebwerken oder Mikrochips. Und natürlich: in Beton. Kein fester Rohstoff wird mehr genutzt als Sand und Kies, wie aus einem Bericht des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP) hervorgeht. Doch die feinen Körnchen werden knapp. „An qualitativ guten Sand kommt man nicht mehr so einfach ran", sagt Professor Dietmar Stephan, Leiter des Fachgebiets Baustoffe und Bauchemie an der TU Berlin. Das liegt vor allem am Bauboom. „Bei der Betonherstellung werden grob geschätzt pro Tonne Zement 3 Tonnen Sand gebraucht", erläutert Stephan. Die UNEP schätzte 2014, dass so weltweit jährlich zwischen 26 und 30 Milliarden Tonnen Sand in Betonmischern landen.

Mittlerweile dürften die Zahlen eher zu- als abgenommen haben. Denn der Hunger der wachsenden Metropolen wie Singapur, Schanghai oder Dubai nach dem Rohstoff wird immer größer. Deren Megabauprojekte verschlingen schon heute Unmengen an Sand, wie die zahlreichen Großprojekte in Dubai zeigen. Hier brauchte es den Rohstoff nicht nur, um Wolkenkratzer wie den Burj Khalifa in die Höhe wachsen zu lassen. Auch der Baugrund im Meer für die Palmeninsel The Palm Jumeirah entstand erst durch die massenhafte Aufschüttung der feinen Körnchen. Medienberichten zufolge waren es über 150 Millionen Tonnen – angeliefert aus Australien.

## Wüstenstaaten setzen auf Sandimporte

Der Sand aus den umliegenden Wüsten blieb derweil unangetastet. „Wüstensand ist als Baustoff schlicht unbrauchbar", erläutert Oliver Mazanec, Leiter Produktmanagement bei BASF Construction Solutions. Der Wind wirbelt ihn auf und schleift ihn ab. Die Kör-

## Dinge aus Sand

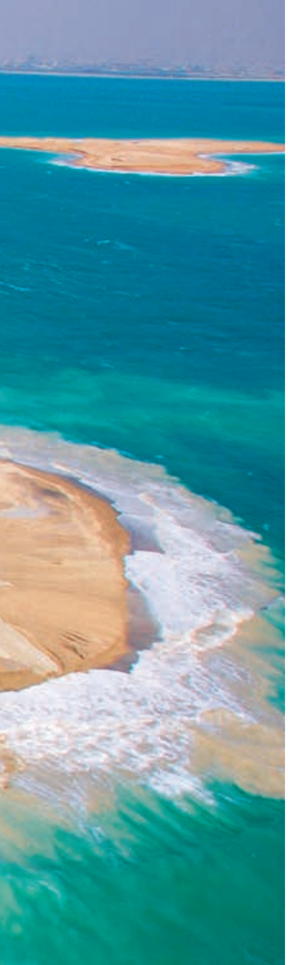
**Ohne Sand** sähe unsere Welt anders aus. Denn er ist fast überall enthalten. Drei Beispiele.

**Glas** besteht zu über 70 Prozent aus Quarzsand, der für die Herstellung des Glases bei etwa 1.500 Grad Celsius geschmolzen wird.

**Mikrochips** Kein Handy würde ohne Quarzsand funktionieren. Er weist einen hohen Siliziumanteil auf und dient als Ausgangsmaterial in der Halbleiterherstellung.

**Zahnpasta** Sand ist als Mikropartikel ein wichtiger Rohstoff in der Kosmetikindustrie. Er findet sich in manchen Duschgels, Zahncremes oder auch Peelings. Dort dient er dann als mechanische Reinigungshilfe.

Foto: Alamy Stock Photo



Links: **Begehrte Ressource: Erst Unmengen importierten Sands bereiteten den Baugrund für die Palmeninsel The Palm Jumeirah in Dubai/VAE.**



Oben: **Fast unermesslich ist das Vorkommen von Sand in der Wüste. Doch zum Bauen ist er nutzlos.**



Links: **Jährlich landen in den Betonmischern weltweit rund 30 Milliarden Tonnen Sand – Tendenz steigend.**

Fotos: Getty Images

ner werden klein, glatt und gleichförmig. Die Folge: „Die Sandkörner greifen nicht ineinander und im Frischbeton bilden sich Hohlräume. Diese erhöhen deutlich den Wasserbedarf beim Betonmischen, was sich negativ auf die Festigkeit des Betons auswirken würde.“

Es braucht also reichlich Ecken und Kanten zum Bauen. Die aber hat nur der Sand aus Kiesgruben, Flussbetten und dem Meer – mit negativen Auswirkungen auf die Umwelt. Schätzungen des UNEP zufolge könnten in Zukunft drei von vier Stränden verschwinden. Das liegt am oft illegalen Abbau des Rohstoffs direkt am Strand, aber auch daran, dass die Strände durch das Absaugen des Sandes am Meeresboden abrutschen. Diesem Phänomen sind beispielsweise in Indonesien schon ganze Inseln zum Opfer gefallen. Und nicht zuletzt sorgt die Kraft der Wellen dafür, dass Sand abdriftet. Aber auch im Landesinneren gibt es Engpässe. Einfach zugängliche Vorkommen des siliziumreichen Quarzsands sind langsam erschöpft.

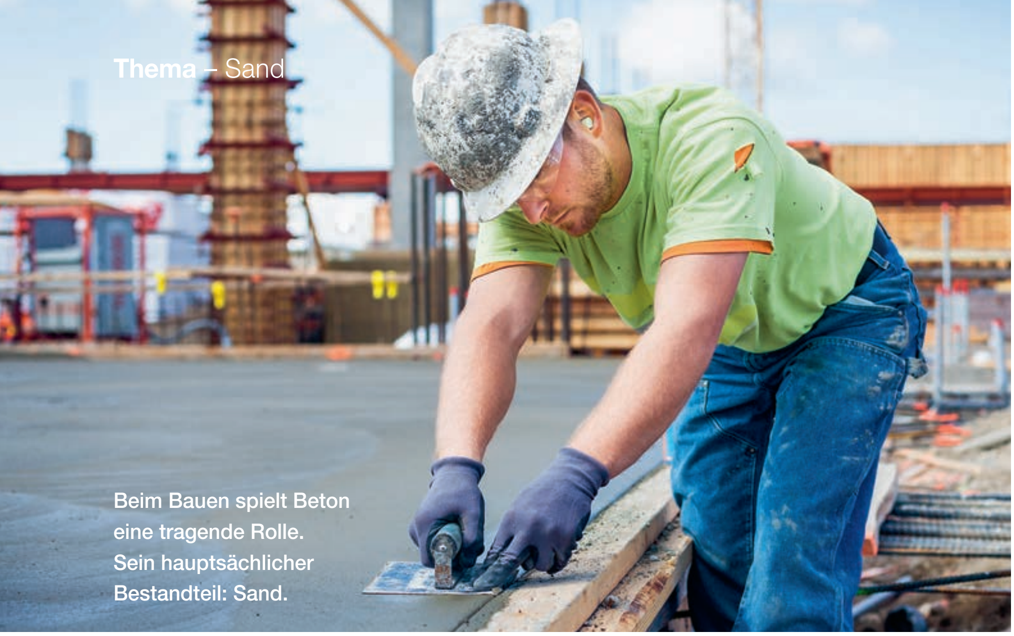
**„Die Menge an preiswertem Sand nimmt drastisch ab.“**

**Professor Dietmar Stephan**
Leiter Baustoffe und Bauchemie, TU Berlin

## Alternativen gesucht

Diese Knappheit rückt Sand in den Fokus der Wissenschaft. Sie sucht nach Möglichkeiten, um die Ressourcen besser zu nutzen. Eine davon ist seit 2016 im Einsatz: BASF hat ein Verfahren entwickelt, das Sand, der bisher nicht für hochwertigen Beton nutzbar war, in einen wertvollen Rohstoff umwandelt.

Dabei geht es zum einen um tonhaltigen Sand oder Sand mit einem hohen Anteil an feinsten Zusätzen wie Glimmer. Ton und Glimmer saugen aufgrund ihrer großen Oberfläche und ihrer speziellen, teils quellfähigen Struktur große Mengen Wasser auf – und auch die zum Betonmischen notwendigen Fließmittel. Mit unerwünschten Folgen: Der Beton kann nicht verarbeitet werden. „Der Sandblocker MasterSuna von BASF verbessert die Eigenschaften dieser schwierigen Sande. Denn er sorgt dafür, dass Wasser und Fließmittel nicht vom Sand aufgesaugt werden, sondern wohldosiert den Beton verflüssigen“, erläutert Mazanec. So können bisher ungeeignete Sande verwendet und vorhandene Vorkommen intensiver genutzt werden. Derzeit ist das neue Zusatzmittel in Frankreich, Spanien, Deutschland, im Vereinigten Königreich und in Australien erhältlich. Diese Länder sind besonders von tonverunreinigten Sanden betroffen. Aber auch der reichlich vorhandene, ▶



Beim Bauen spielt Beton eine tragende Rolle. Sein hauptsächlicher Bestandteil: Sand.



**Baustoff der Zukunft: Recyclingbeton besteht aus zerkleinertem Bauschrott und schont so den knappen Rohstoff Sand.**

feine Wüstensand dringt in die Labore der weltweiten Forschung vor. Eine Idee ist etwa die Anreicherung durch Flugasche, damit der Zement beim Betonmischen besser an den feingeschliffenen Sandkörnchen haften bleibt. Eine andere Idee ist, statt Zement Kunststoffe wie Polyesterharze aus Erdöl als Bindemittel zu verwenden. „Das geht grundsätzlich zwar alles, ist aber nicht massentauglich. Oder, wie bei der Flugasche, keine Dauerlösung. Denn diese fällt bei der Verbrennung von Kohle an, die in Zukunft immer seltener zur Stromerzeugung eingesetzt werden wird“, sagt der Baustoffexperte Stephan.

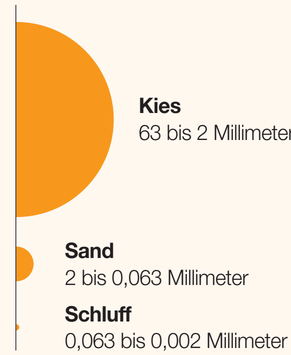
Weit vielversprechender als der Sand der Wüste ist alter Beton. Wenn Bauschutt schadstofffrei ist, kann er – getrennt, geschreddert und fein gemahlen – relativ gut wiederverwertet werden. Solche mineralischen Bauschuttsande müssen zu mindestens 25 Prozent in Beton enthalten sein, damit dieser das Etikett „Recyclingbeton“ tragen darf. Bisher landet Recyclingbeton hauptsächlich in den unteren Schichten beim Straßenbau. Für den Hausbau ist Recyclingbeton noch die Ausnahme. „Technisch geht das zwar meist schon. Aber der Erfolg steht und fällt mit dem Preis“, betont Stephan. Der ist – regional stark schwankend – höher. Und da der Bauschuttsand nicht die gleiche ideale Körnung wie frischer Sand hat, ist er aufwendiger zu verarbeiten. Weniger als 1 Prozent findet sich laut dem Baustoffexperten in Neubauten. „Doch die Menge an preiswertem Sand nimmt so drastisch ab, dass es wahrscheinlich irgendwann künftig nicht mehr teurer sein wird, den Aufwand des Recyclings zu betreiben. Auch mehr Forschung könnte dies beschleunigen“, glaubt Stephan.

Vor allem in der Schweiz und den Niederlanden findet schon ein Umdenken statt. Die beiden Länder gelten als Vorreiter bei Recyclingbeton. So entsteht heute beispielsweise kein öffentlicher Neubau in Zürich mehr ohne Baustoff aus dem Schredder. Stephan ist überzeugt: „Recyclingbeton ist einer der Baustoffe der Zukunft.“ ■

Erklärvideo: 5 Fakten, die Sie über Sand noch nicht wussten
**on.basf.com/5sandfakten**

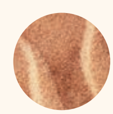
## Die Größe macht’s

**Sand und Kies** gelten als eine der wichtigsten Ressourcen. Sie definieren sich unter anderem über ihre Durchmesser.






**Kies** Ansammlung von in Flüssen oder Bächen rund geschliffenen kleinen Steinen. Kies stellt neben Sand für die Bauwirtschaft einen der wichtigsten Rohstoffe dar, etwa in Beton.



**Sand** Der meiste Sand entsteht nicht durch zerriebene Muscheln im Meer. Vielmehr ist er über Tausende von Jahren durch verwittertes und erodiertes Gestein entstanden, das die Flüsse weiter ins Meer transportieren. Überwiegend besteht Sand aus Quarz, einer Verbindung aus Silizium und Sauerstoff. Quarz hat deshalb im Sand einen so großen Anteil, weil er auf der Erde sehr häufig vorkommt – und zwar in der Erdkruste. Sehr widerstandsfähig, hält der Quarz zudem der Erosion recht gut stand. Quarz gilt als härter als Stahl.



**Schluff** Diesen Boden, der nur über seine Korngröße – zwischen Sand und Ton – definiert ist, gibt es in der Natur nur sehr selten in Reinform. In den meisten Fällen tritt er gemischt mit Sand und/oder Ton auf – und ist uns in dieser Form als Lehm ein Begriff.

Fotos: Getty Images; Grafik: ASCS

# Kunststoffverbote – eine gute Lösung?

**Zwei Positionen** Fast 80 Prozent des Kunststoffabfalls, der jemals produziert wurde, liegt auf Müllhalden und Deponien oder ist in die Umwelt gelangt. Um dagegen anzugehen, haben mittlerweile mehr als 60 Länder Verbote oder Abgaben auf Einwegprodukte aus Kunststoff erlassen. Aber sind solche Maßnahmen eine wirksame Antwort? Wir fragen zwei Experten: Erik Solheim und Professor Richard Thompson.



### Professor Richard Thompson

Professor Richard Thompson ist Meeresbiologe und Leiter der International Marine Litter Research Unit an der University of Plymouth/England. Er hat an der Gesetzgebung der Regierung des Vereinigten Königreichs zu Einwegtragetaschen und der Verwendung von Mikroperlen in Kosmetika mitgewirkt. Als Sachverständiger wurde er bei parlamentarischen Untersuchungen zum Thema Kunststoffabfälle und die durch sie verursachte Umweltverschmutzung herangezogen.

### Erik Solheim

Erik Solheim war von 2016 bis 2018 Exekutivdirektor des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UN Environment). Zuvor war er Vorsitzender des Entwicklungshilfeausschusses der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) und von 2007 bis 2012 norwegischer Minister für Umwelt und internationale Entwicklung.





Erik Solheim ist der ehemalige Exekutivdirektor des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UN Environment). Die Organisation setzt sich für Lösungen ein, die die Menge an Kunststoffabfällen verringern.



**SEIT ANFANG 2017 setzt sich das Umweltprogramm der Vereinten Nationen dafür ein, die Auswirkungen der Umweltverschmutzung durch Kunststoff zu verringern. Ziel ist es, „den übermäßigen, verschwenderischen Gebrauch von Einwegkunststoffen“ zu unterbinden. Der ehemalige Exekutivdirektor Erik Solheim erklärt, warum die Organisation Regierungen rund um den Globus ermutigt, über ein Verbot oder Sanktionen für die Verwendung von Einwegartikeln aus Kunststoff nachzudenken.**

**Creating Chemistry: Warum muss die Welt mehr tun, um gegen Kunststoffabfälle vorzugehen?**

**Solheim:** Die Verschmutzung durch Kunststoffe ist eines der drängendsten Umweltprobleme unserer Zeit. Sie schadet nicht nur Flora und Fauna an Land und im Wasser, sondern auch der Wirtschaft vieler Küstengemeinden und möglicherweise der menschlichen Gesundheit. Sie ist daher ein Symptom für ein größeres Problem: die verschwenderische Weise, in der so viele von uns ihr Leben leben und die so ganz und gar nicht nachhaltig ist.

**Einige Länder haben Verbote oder Reduktionsziele für verschiedene Kunststoffprodukte eingeführt. Worin besteht das Hauptziel dieser Maßnahmen?**

**Solheim:** Es ist eine Antwort auf das, was zu einer sichtbaren Verschandelung und einem ernsten Verschmutzungsproblem geworden ist. In vielen Fällen ist es eine Antwort auf den Druck der Öffentlichkeit, weil viele Menschen sowohl ihre Einstellung als auch ihr Verhalten gegenüber Einwegkunststoffen ändern. Es ist eine Botschaft an den Privatsektor, Neuerungen einzuführen und konstruktive Lösungen oder Alternativen zu entwickeln. Es zeigt aber auch, dass wir eine klare politische Position brauchen, um die Umweltverschmutzung durch Kunststoff langfristig zu lösen.

**„In vielen Fällen benötigen wir einfach keine Einwegkunststoffe und man könnte auf sie verzichten.“**

**Was hat sich dadurch ökologisch, wirtschaftlich und gesellschaftlich verändert?**

**Solheim:** Ruanda hat als eines der ersten Länder der Welt Plastiktüten verboten. Im Vergleich zu vielen seiner Nachbarn ist das Land heute in dieser Hinsicht vorbildlich. Ich bin überzeugt, dass dies ein Faktor unter vielen ist, erfolgreich neue Unternehmen und Investoren zu gewinnen. In Kenia, wo erst vor Kurzem ein Verbot eingeführt wurde, finden sich in Schlachthöfen keine Plastiktüten mehr im Magen von Kühen. Safari-Führer sind zufrieden, weil die Nationalparks nicht mehr aussehen wie Müllhalden. In Nairobi gab es zudem in diesem Jahr trotz einer stärkeren Regenzeit weniger Überschwemmungen innerhalb des Stadtgebiets, weil die Entwässerungssysteme nicht durch Plastiktüten verstopft waren. Dies sind Vorteile für den Tourismus, für die Wirtschaft, für die städtische Sicherheit und für die öffentliche Gesundheit.

Fotos: Duncan Moore/UN Environment

**Welche Rolle können die verschiedenen Interessengruppen dabei spielen, die Verschmutzung durch Kunststoffabfälle zu verringern?**

**Solheim:** Jede Interessengruppe ist hier gefragt. Regierungen müssen tragfähige Gesetze verabschieden, die sowohl für Verhaltensänderungen als auch für Innovationen Anreize schaffen. Die Verbraucher sollten Maßnahmen ergreifen, um ihre Kunststoffbilanz zu verbessern. Außerdem sollten sie ihre Stimme und Geldbörse erheben und den Einzelhandel überzeugen, das Gleiche zu tun – zum Beispiel durch den Verzicht auf unnötige Kunststoffverpackungen, von denen es eindeutig zu viele gibt. Sowohl Produkt- als auch Materialhersteller müssen bei der Entwicklung ihrer Erzeugnisse einen Lebenszyklusansatz verfolgen. Sie sollten auch aufhören, Kunststoffartikel zu entwerfen, die darauf ausgelegt sind, unmittelbar nach dem Gebrauch entsorgt zu werden. Um all diesen Akteuren zu helfen, wirksamer zu agieren, lautet die kurze Antwort, dass sie die Schwere des Problems erkennen und anfangen müssen, entsprechend zu handeln. Das wäre ein sehr wichtiger erster Schritt.

**Trägt ein besseres Abfallmanagement zur Lösung des Problems bei?**

**Solheim:** Das Abfallmanagement muss in der Tat verbessert werden, vor allem in den Entwicklungsländern sowie im Bereich des Recyclings und der Wiederverwendung. Aber ein Wundermittel ist das nicht. Kunststoffabfälle sind ein Umweltproblem, und der Verursacher muss etwas ändern. Ich würde mich auch sehr freuen, wenn die Kunststoffindustrie einsieht, dass sie von Einwegkunststoffen wegkommen muss, um wirklich Teil der Lösung zu sein.

**Inwieweit helfen Alternativen zu Kunststoffen, diese Herausforderungen zu bewältigen?**

**Solheim:** In vielen Fällen benötigen wir einfach keine Einwegkunststoffe und man könnte auf sie verzichten. In anderen Fällen gibt es nachhaltige Alternativen – das schließt auch Kunststoffprodukte ein, die wiederverwendet werden können. Ich bin nicht grundsätzlich gegen Kunststoff. Es ist ein tolles Produkt. Wir müssen uns darin ändern, wie wir Kunststoffe einsetzen und wie wir ihren gesamten Lebenszyklus gestalten.

**Glauben Sie, dass wir die Auswirkungen auf die Umwelt von unsachgemäß entsorgten Kunststoffabfällen in naher Zukunft verringern können?**

**Solheim:** Ich bin im Allgemeinen optimistisch, insbesondere was die Umweltverschmutzung durch Kunststoff betrifft. Es passiert bereits so viel, und es geschieht sehr schnell. Als in meinem Heimatland Norwegen erstmals ein Rauchverbot in Bars und Restaurants eingeführt wurde, haben viele Leute gesagt, das sei verrückt und zum Scheitern verurteilt. Inzwischen ist es zur Norm geworden. Ich denke, wir sehen die gleiche Art von Umdenken, wenn es um die Umweltverschmutzung durch Kunststoff geht. ■

**DER MEERESBIOLOGE Professor Richard Thompson untersucht seit drei Jahrzehnten die Folgen der Umweltverschmutzung durch Kunststoffabfälle. Seine Arbeit hat wesentlich dazu beigetragen, die Verbreitung kleiner Kunststoffpartikel – Mikroplastik – in der Umwelt aufzudecken und zu zeigen, wie sie sich auf Tiere und Ökosysteme auswirken. Er glaubt, dass die Welt einen intelligenteren Ansatz für die Herausforderung finden muss, die Kunststoffabfälle mit sich bringen.**

**Creating Chemistry: Sollten wir aufhören, Kunststoffprodukte herzustellen und zu verwenden?**

**Thompson:** Kunststoffe sind nicht der Feind. Sie haben viele gesellschaftliche Vorteile und das Potenzial, unseren Fußabdruck auf dem Planeten zu verringern. Der Grund für den Anstieg der globalen Kunststoffproduktion von 5 Millionen Tonnen pro Jahr in den 1950er-Jahren auf heute 300 Millionen Tonnen, ist, dass Kunststoff langlebig, preiswert, leicht und vielseitig ist. Nur hat unsere Fähigkeit, mit diesen Produkten an ihrem Lebensende richtig umzugehen, mit der gesteigerten Verwendung von Kunststoffen nicht Schritt gehalten.

**Sind Kunststoffverbote ein wirksames Mittel, um die Auswirkungen von Kunststoffabfällen auf die Umwelt zu reduzieren?**

**Thompson:** Kein Land hat ein vollständiges Verbot von Einwegkunststoffen verhängt, aber manche Länder haben einzelne Produkte, wie zum Beispiel Tragetaschen aus Kunststoff, verboten oder ihren Gebrauch eingeschränkt. Beweise für die Wirksamkeit dieser Verbote gibt es nicht immer, aber in einigen Regionen wie Wales und Nordirland wurden ihre Auswirkungen untersucht. Es gibt dort zwar eine gewisse Substitution. Zum Beispiel ist der Verkauf von Müllbeuteln gestiegen, der Verbrauch insgesamt aber ist zurückgegangen. Auch bei der Strandreinigung finden sich in diesen Regionen weniger Plastiktüten, obwohl es aufgrund der Langlebigkeit von Kunststoffen in der Umwelt natürlich eine Weile dauert, bis diese Effekte sichtbar werden.

**Wie sollen wir das Problem angehen?**

**Thompson:** Wichtig ist, die Anwendungsfälle zu unterscheiden. Es gibt einige Einwegartikel aus Kunststoff, auf die wir verzichten könnten. Angesichts dessen, was wir heute über die Wirkung von Kunststoff wissen, denke ich, dass es in unserer aller Verantwortung liegt zu sagen: Wenn ich es nicht brauche, sollte ich es vielleicht vermeiden. Aber es gibt auch andere Fälle, in denen man nach einer korrekt durchgeführten Analyse der Kosten, des Nutzens und der Umweltverträglichkeit zu dem Ergebnis kommt, dass Kunststoff das beste Material ▶



„Ich glaube nicht, dass die Umweltverschmutzung durch Kunststoffe ein Problem ist, das mit einer einzigen Explosion von Maßnahmen behoben werden kann.“



**Professor Richard Thompson erforscht die weltweite Verbreitung von Kunststoffabfällen und deren Auswirkungen auf biologische Systeme.**

für diese spezielle Aufgabe ist. In diesen Fällen müssen wir dafür sorgen, dass in Kreisläufen gedacht wird, und darüber nachdenken, was am Ende der Produktnutzung passiert und wo dieses Nutzungsende stattfinden wird.

**Sind neue Ansätze bei der Produktentwicklung und Lösungen im Abfallmanagement Teil der Antwort?**

**Thompson:** Wir sollten nicht nach technologischen Wundern Ausschau halten. Es ist unvernünftig, zu erwarten, dass eine Verpackung widerstandsfähig und langlebig ist, ihren Inhalt wirksam schützt und sich dann plötzlich in Luft auflöst, wenn sie in der Umwelt entsorgt wird. Beispielsweise bringt die Verwendung kompostierbarer Materialien klare Vorteile – allerdings nur in der passenden Anwendung und wenn der Zugang zu einem geeigneten Abfallkreislauf vorhanden ist. Wenn solche Materialien nur mit dem Restmüll vermischt werden und auf der Deponie landen, gehen diese Vorteile verloren. Wir müssen das Lebenszyklusende von Anfang an berücksichtigen, wenn wir mit der Entwicklung eines Produkts beginnen. Doch wenn ich mit Produktentwicklern spreche, sagen sie mir immer wieder, dass Überlegungen zum Lebenszyklusende nicht Teil ihres Auftrags sind.

**Welche weiteren Maßnahmen sollten Ihrer Meinung nach umgesetzt werden?**

**Thompson:** Ich glaube nicht, dass die Umweltverschmutzung durch Kunststoffe ein Problem ist, das mit einer einzigen Explosion von Maßnahmen behoben werden kann. Aber die Öffentlichkeit will Veränderungen. Daher befürchte ich, dass eine Kurzschlussreaktion der Politik oder der Industrie zu unsachgemäßen Entscheidungen mit unbeabsichtigten Folgen führen könnte. Es gibt Maßnahmen, die meiner Meinung nach sicherlich hilfreich wären. So könnten etwa Anreize geschaffen werden, die Hersteller ermutigen, eine bestimmte Menge an recyceltem Material in ihre Produkte zu integrieren. Aber das ist eine komplexe Aufgabe, die einen interdisziplinären Ansatz erfordert. Wir brauchen einen Rundumblick, um zu sehen, wie sich Veränderungen auswirken. Dazu müssen wir Material-, Umwelt- und Verhaltenswissenschaften zusammenbringen, um die wissenschaftlichen Belege zu bewerten und die beste Richtung für Veränderungen festzulegen.

**Müssen Schwellenländer einen anderen Ansatz bei Kunststoffabfällen wählen?**

**Thompson:** Einige Länder im Fernen Osten stehen auf der Liste der Regionen mit der höchsten Umweltverschmutzung durch Kunststoff ganz oben. Aber tatsächlich ist ihr Pro-Kopf-Verbrauch an Plastik relativ gering. Ihr Problem ist eine schlechte Infrastruktur beim Abfallmanagement. Es gibt einige Fälle, in denen wir Produkte in Entwicklungsländer exportieren, obwohl wir wissen, dass die Gemeinden dort keine Möglichkeit haben, mit den entstehenden Abfällen richtig umzugehen. Es liegt in unserer Verantwortung, darüber nachzudenken, wie wir dabei helfen können. Aber letztlich muss jeder etwas dafür tun, um Kunststoffe mehr kreislauforientiert zu verwenden. Die Lösungen in den verschiedenen Regionen werden nicht alle identisch sein. Unsere Herausforderung besteht darin, den Entwicklungsländern jetzt zu helfen, diesen Weg schneller einzuschlagen, als wir es in Europa oder Nordamerika getan haben.

**Sind Sie optimistisch, dass wir dieses Problem lösen können?**

**Thompson:** Die meisten Vorzüge der Kunststoffe könnten wir in einer mehr kreislauforientierten Form nutzen: ohne langlebige Abfälle und ohne dass Müll in die Umwelt gelangt. Derzeit sind Interesse und Leidenschaft für dieses Thema in der Öffentlichkeit, bei politischen Entscheidungsträgern und in der Industrie sehr groß. In den 30 Jahren, die ich in diesem Bereich arbeite, habe ich noch nie zuvor erlebt, dass all diese Interessen so deckungsgleich waren. Für Unternehmen sehe ich eine Marktchance darin, Kunststoffe verantwortungsbewusst zu nutzen, und einen Wettbewerbsnachteil darin, so weiterzumachen wie bisher.

Fotos: Guy Martin

BASF-Standpunkt

# Entscheidend ist der verantwortungsvolle Umgang

**Vermüllte Strände und Kunststoffabfälle in den Weltmeeren sind zum Symbol der Umweltverschmutzung und der Wegwerfgesellschaft geworden. Einigkeit besteht darüber, dass dringendes Handeln geboten ist. Mit dem Verbot einzelner Werkstoffe oder bestimmter Anwendungen werden wir diese Herausforderung jedoch nicht lösen. Was wir benötigen, sind funktionierende Abfallentsorgungssysteme und ein verantwortlicher und nachhaltiger Umgang mit Abfällen.**

BASF sagt klar: Kunststoffabfälle haben in der Umwelt nichts zu suchen. Deshalb unterstützen wir gesellschaftliche und politische Initiativen, die sich den Herausforderungen bei Kunststoffabfällen stellen. Verbote oder Abgaben auf die Verwendung bestimmter Kunststoffprodukte sind jedoch nicht zielführend, um einen unsachgemäßen Umgang mit Abfällen zu beheben oder die Infrastruktur in der Entsorgung zu verbessern.

Kunststoffe sind wertvolle Materialien, die unzählige Vorteile bieten: Sie helfen, die Energieeffizienz zu erhöhen sowie Ressourcen zu sparen, und sind leicht zu verarbeiten. Viele Lösungen im Gesundheitsbereich sind zwingend auf moderne Kunststoffe angewiesen. Sie sind im Preis-Leistungs-Verhältnis nahezu unschlagbar, aber auch für jeden Designer moderner Produkte unverzichtbar. Für viele Anwendungen gibt es keinen gleichwertigen Ersatz, der diese Vorzüge aufweist. Bevor entschieden wird, die Nutzung von Kunststoffen für bestimmte Anwendungen zu reduzieren, sollte immer eine umfassende Analyse der ökologischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Auswirkungen erfolgen. Dabei muss der gesamte Lebenszyklus des Produkts berücksichtigt werden. Oft zeigt sich: Kunststoff ist aufgrund seiner Eigenschaften das ökologisch und wirtschaftlich sinnvollere Material, zum Beispiel beim Automobilleichtbau oder bei der Gebäudedämmung. Am Ende ihrer Nutzung können alle Kunststoffe erneut verwendet werden. Sie können in neue Kunststoffe oder in chemische Rohstoffe umgewandelt, aber auch als Energiequellen genutzt werden.

Unsachgemäßer Umgang mit Abfall und die Vermüllung der Umwelt haben nichts mit einem bestimmten Material zu tun. Der erste Schritt im Kampf gegen Umweltverschmutzung durch Abfälle ist es sicherzustellen, dass diese möglichst vollständig gesammelt und sinnvoll verwertet werden. Dies erfordert ein koordiniertes Vorgehen vieler Beteiligter. Dazu gehört beispielsweise, geeignete Abfallmanagementsysteme zu entwickeln, Deponieverbote für Kunststoffe und andere verwertbare Abfälle auszusprechen, aber auch eine umfangreiche Verbraucherinformation anzubieten und Gesetze gegen Vermüllung konsequent durchzusetzen. Die Verschmutzung durch Abfälle ist ein globales Problem. Es zu bewältigen, erfordert jedoch maßgeschneiderte regionale Lösungen.

Als ein Mitglied in der Kunststoff-Lieferkette gibt BASF hier wichtige Antworten. Wir bieten eine Reihe leistungsstarker Lösungen an, die darauf zugeschnitten sind, die Umweltbelastung durch Kunststoffe zu reduzieren – sei es durch ihre Gestaltung, ihr Einsatzgebiet oder die Verwertungsmöglichkeiten am Ende der Nutzungsphase. Wir beteiligen uns aktiv an der Operation Clean Sweep®. Diese Initiative der Kunststoffindustrie zielt darauf ab, dass unverarbeitetes Kunststoffgranulat, etwa bei Transporten, nicht in die Umwelt gelangt. Darüber hinaus beteiligt sich BASF mit anderen Interessenvertretern an zahlreichen Projekten und Initiativen, die wertschöpfungskettenübergreifend bessere Abfallmanagementverfahren entwickeln oder dazu beitragen, die Verbraucher für das Thema Vermüllung zu sensibilisieren. Zusätzlich treibt BASF das chemische Recycling von nicht klassisch recycelbaren Kunststoffabfällen voran, um diese als Rohstoff in der Chemieproduktion einzusetzen und somit wieder in qualitativ hochwertige neue Produkte zu bringen. ■

**Dr. Klaus Wittstock**
Leiter Umweltpolitik, BASF, Ludwigshafen



Foto: BASF

**„Die Verschmutzung durch Abfälle ist ein globales Problem. Es zu bewältigen, erfordert jedoch maßgeschneiderte regionale Lösungen."**

# Die Ordnung der Welt




**IUPAC**
Die International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), Zürich/Schweiz, ist die Gralshüterin des Periodensystems. Sie erkennt neu entdeckte chemische Elemente offiziell an und regelt die Namensgebung.

Die Vereinten Nationen haben 2019 zum „Internationalen Jahr des Periodensystems der Elemente“ ausgerufen. Vor 150 Jahren dokumentierte Dmitri Mendelejew mit der fundamentalen Ordnung der Elemente das Naturgesetz der Chemie – mit weitreichenden Auswirkungen bis heute.

Die Idee sei ihm im Schlaf gekommen, heißt es anekdotisch. Fakt ist: Dmitri Iwanowitsch Mendelejew hat vor 150 Jahren Ordnung in die damals 63 bekannten chemischen Elemente gebracht. Am 28. Oktober 1869 präsentierte der russische Chemiker das Periodensystem. Es sortierte die chemischen Elemente tabellarisch aufsteigend nach der Anzahl ihrer Protonen – die positiv geladenen Elementarteilchen – im Atomkern. Die Protonenzahl bildete gleichzeitig auch die Ordnungszahl.

Das Periodensystem ist eine Karte, mit der sich die Welt und die Eigenschaften ihrer Elemente besser verstehen lassen. Als Faustregel gilt: Die Elemente in einer Spalte des Systems weisen ähnliche Eigenschaften auf. Mittlerweile sind 118 Elemente beschrieben. Die meisten wurden im 19. Jahrhundert entdeckt. Nur noch zehn natürliche Elemente waren Anfang des 20. Jahrhunderts unbekannt. Heute finden vor allem radioaktive Elemente Eingang, die üblicherweise nicht natürlich vorkommen, sondern aus künstlich erzeugten Kernschmelzprozessen hervorgehen. 2016 gab es mit Nihonium, Moscovium, Tennessine und Oganesson die bisher letzten vier Neuzugänge (Nummer 113, 115, 117, 118).

Doch vollständig ist das Fundament der Welt deswegen noch lange nicht. Wissenschaftler sind dabei neue superschwere Elemente zu entdecken – durch Teilchenbeschleuniger, mit denen Atomkerne aufeinandergeschossen werden und eventuell zu einem neuen Atomkern verschmelzen. So soll eine neue, achte Reihe des Periodensystems aufgemacht werden. Forscher aus Japan und den USA haben schon beim Symposium zu „Super-Heavy Elements“ Ende 2017 in Polen bekannt gegeben, dass sie die Suche nach den Elementen Nummer 119 und 120 aufnehmen. Ihre Hoffnung: Bis 2022 sollen sie aufgespürt sein.

Erfahren Sie auf der nächsten Seite mehr über die Elemente aus unserem Periodensystem, das wir anlässlich des Jubiläums erstellt haben.

## Mendelevium

**1955** hält Dmitri Mendelejew auch namentlich Einzug ins Periodensystem. Als Wissenschaftler der University of California in Berkeley/USA das Transuran erstmals künstlich erzeugten, beschlossen sie, ihm zu Ehren das radioaktive Element Mendelevium zu taufen. Dessen Halbwertszeit beträgt mit gerade mal 51,5 Tagen allerdings nur einen Bruchteil der Haltbarkeit des 150 Jahre alten Periodensystems.

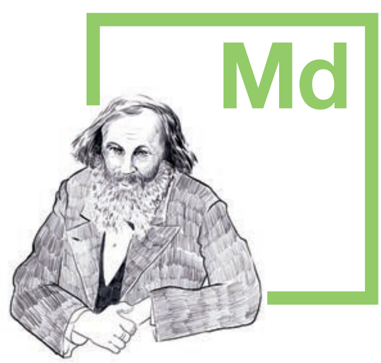



Illustration: Marcus Spiller (ASCS)

# 27

**Millionen $ pro Gramm –** Californium ist das teuerste Element. Sein Preis erklärt sich durch die hohen Produktionskosten. Es wird in Kernreaktoren und Teilchenbeschleunigern erzeugt. Das Element ist ein leistungsstarker Neutronenemitter, der eingesetzt wird, um Öl oder Edelmetalle an schwer zugänglichen Orten aufzuspüren.

6 **C**

**Kohlenstoff**
ist der Baustein des Lebens – jede Pflanze und jedes Tier enthält ihn. Aber auch Diamanten, Holzkohle, Öl und Graphit bestehen daraus. Für BASF ist Kohlenstoff ein wichtiges Element für die Herstellung zahlreicher Produkte. Der überwiegende Teil des Kohlenstoffs stammt aus fossilen Rohstoffen. Darüber hinaus werden auch erneuerbare Ressourcen als Kohlenstoffquelle im bestehenden Produktionsverbund genutzt, wie etwa im Rahmen des Biomassenbilanz-Ansatzes.

- Alkalimetalle
- Erdalkalimetalle
- Übergangsmetalle
- Lanthanoide
- Actinoide
- Metalle
- Halbmetalle
- Nichtmetalle
- Halogene
- Edelgase

Ordnungszahl
**Symbol**
Name
Atommasse

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 **H** Wasserstoff 1,008 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 **He** Helium 4,0026 |
| 3 **Li** Lithium 6,94 | 4 **Be** Beryllium 9,0122 | | | | | | | | | | | 5 **B** Bor 10,81 | 6 **C** Kohlenstoff 12,011 | 7 **N** Stickstoff 14,007 | 8 **O** Sauerstoff 15,999 | 9 **F** Fluor 18,998 | 10 **Ne** Neon 20,180 |
| 11 **Na** Natrium 22,990 | 12 **Mg** Magnesium 24,305 | | | | | | | | | | | 13 **Al** Aluminium 26,982 | 14 **Si** Silicium 28,085 | 15 **P** Phosphor 30,974 | 16 **S** Schwefel 32,06 | 17 **Cl** Chlor 35,45 | 18 **Ar** Argon 39,948 |
| 19 **K** Kalium 39,098 | 20 **Ca** Calcium 40,078 | 21 **Sc** Scandium 44,956 | 22 **Ti** Titan 47,867 | 23 **V** Vanadium 50,942 | 24 **Cr** Chrom 51,996 | 25 **Mn** Mangan 54,938 | 26 **Fe** Eisen 55,845 | 27 **Co** Cobalt 58,933 | 28 **Ni** Nickel 58,693 | 29 **Cu** Kupfer 63,546 | 30 **Zn** Zink 65,38 | 31 **Ga** Gallium 69,723 | 32 **Ge** Germanium 72,630 | 33 **As** Arsen 74,922 | 34 **Se** Selen 78,971 | 35 **Br** Brom 79,904 | 36 **Kr** Krypton 84,798 |
| 37 **Rb** Rubidium 84,468 | 38 **Sr** Strontium 87,62 | 39 **Y** Yttrium 88,906 | 40 **Zr** Zirconium 91,224 | 41 **Nb** Niob 92,906 | 42 **Mo** Molybdän 95,95 | 43 **Tc** Technetium | 44 **Ru** Ruthenium 101,07 | 45 **Rh** Rhodium 102,91 | 46 **Pd** Palladium 106,42 | 47 **Ag** Silber 107,87 | 48 **Cd** Cadmium 112,41 | 49 **In** Indium 114,82 | 50 **Sn** Zinn 118,71 | 51 **Sb** Antimon 121,76 | 52 **Te** Tellur 127,60 | 53 **I** Iod 126,90 | 54 **Xe** Xenon 131,29 |
| 55 **Cs** Caesium 132,91 | 56 **Ba** Barium 137,33 | 57-71 | 72 **Hf** Hafnium 178,49 | 73 **Ta** Tantal 180,95 | 74 **W** Wolfram 183,84 | 75 **Re** Rhenium 186,21 | 76 **Os** Osmium 190,23 | 77 **Ir** Iridium 192,22 | 78 **Pt** Platin 195,08 | 79 **Au** Gold 196,97 | 80 **Hg** Quecksilber 200,59 | 81 **Tl** Thallium 204,38 | 82 **Pb** Blei 207,2 | 83 **Bi** Bismut 208,98 | 84 **Po** Polonium | 85 **At** Astat | 86 **Rn** Radon |
| 87 **Fr** Francium | 88 **Ra** Radium | 89-103 | 104 **Rf** Rutherfordium | 105 **Db** Dubnium | 106 **Sg** Seaborgium | 107 **Bh** Bohrium | 108 **Hs** Hassium | 109 **Mt** Meitnerium | 110 **Ds** Darmstadtium | 111 **Rg** Roentgenium | 112 **Cn** Copernicium | 113 **Nh** Nihonium | 114 **Fl** Flerovium | 115 **Mc** Moscovium | 116 **Lv** Livermorium | 117 **Ts** Tenness | 118 **Og** Oganesson |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lanthanoide | 57 **La** Lanthan 138,91 | 58 **Ce** Cerium 140,12 | 59 **Pr** Praseodym 140,91 | 60 **Nd** Neodym 144,24 | 61 **Pm** Promethium | 62 **Sm** Samarium 150,36 | 63 **Eu** Europium 151,96 | 64 **Gd** Gadolinium 157,25 | 65 **Tb** Terbium 158,93 | 66 **Dy** Dysprosium 162,50 | 67 **Ho** Holmium 164,93 | 68 **Er** Erbium 167,26 | 69 **Tm** Thulium 168,93 | 70 **Yb** Ytterbium 173,05 | 71 **Lu** Lutetium 174,97 |
| Actinoide | 89 **Ac** Actinium | 90 **Th** Thorium 232,038 | 91 **Pa** Protactinium 231,036 | 92 **U** Uran 238,029 | 93 **Np** Neptunium | 94 **Pu** Plutonium | 95 **Am** Americium | 96 **Cm** Curium | 97 **Bk** Berkelium | 98 **Cf** Californium | 99 **Es** Einsteinium | 100 **Fm** Fermium | 101 **Md** Mendelevium | 102 **No** Nobelium | 103 **Lr** Lawrencium |

3 **Li**

**Lithium**
ist ein Metall, das so leicht ist, dass es auf dem Wasser schwimmt. Lithium-Ionen-Batterien haben eine hohe Leistung bei geringem Gewicht, was für die Stromversorgung von Elektrofahrzeugen und Laptops nützlich ist. Lithium kann aber auch als Medikament in der Psychiatrie eingesetzt werden.

2 **He**

**Helium**
wurde, im Gegensatz zu allen anderen Elementen, erst auf der Sonne und dann auf der Erde gefunden. Daher wurde es nach dem griechischen Sonnengott benannt. Es gehört zu den Edelgasen. Auf der Erde begegnet es einem heute am wahrscheinlichsten in einem Luftballon.

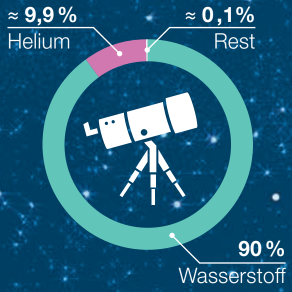
# 22,59

**Hohe Dichte** Osmium ist mit 22,59 Gramm pro Kubikzentimeter das Element mit der höchsten Dichte. Diese ist doppelt so hoch wie die von Blei. Osmium wird für Federn von Füllfederhaltern und Plattenspielernadeln verwendet.

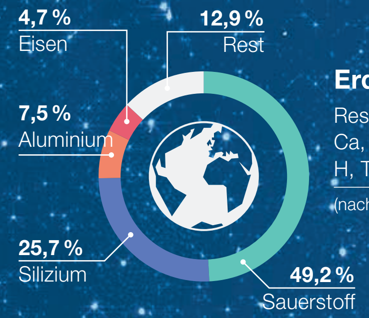
## Elemente entdecken

Als der deutsche Alchemist Hennig Brand 1669 den Phosphor entdeckte, war er der erste Mensch, der ein Element isolierte. Er dampfte Urin ein und erwärmte dann den Rückstand. Bei der heutigen Jagd nach dem 119. Element muss man geladene Teilchen mit einer Geschwindigkeit von 30.000 Kilometern pro Sekunde aufeinanderprallen lassen, in der Hoffnung, dass ihre beiden Kerne miteinander verschmelzen. Dazu braucht es einen Linearbeschleuniger – und ein kleines Vermögen.

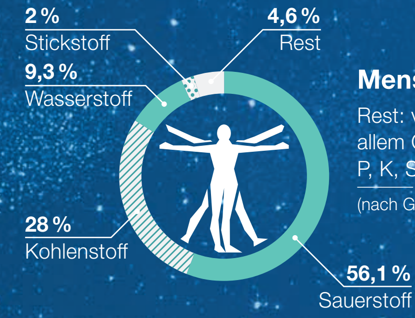
## Vorkommen von Elementen




**Universum**
Rest: Die übrigen 116 Elemente sind nur ein kosmischer Rundungsfaktor.




**Erdkruste**
Rest: vor allem Ca, Na, K, Mg, H, Ti
(nach Gewicht)




**Mensch**
Rest: vor allem Ca, Cl, P, K, S
(nach Gewicht)

2019
**150**
Jahre
Periodensystem

## Ist das wirklich alles?

Woher wissen wir, dass es keine weiteren natürlichen Elemente gibt? Uran mit 92 Protonen im Kern ist das letzte natürlich vorkommende Element im Periodensystem. Das Problem mit allen Elementen nach Uran ist, dass sie zu viele Protonen haben und damit nur über eine sehr kurze Zeitspanne stabil sind. Ihre Halbwertszeiten betragen nur Sekunden oder Millisekunden. Schwerere, instabile Elemente existieren womöglich anderswo im Universum in extremen Umgebungen. Aber hier auf der Erde müssen sie erzeugt werden, indem man Atome aufeinanderprallen lässt.

700 v. Chr. – 600 v. Chr. – 500 v. Chr. – 400 v. Chr. …

**um 624–545 v. Chr.** Thales von Milet: Wasser ist der Urstoff der Materie.

**um 490–430 v. Chr.** Empedokles von Agrigent: Alles besteht aus den vier Elementen Feuer, Wasser, Luft und Erde.

… 1700 – 1800 – 1900 – 2000 – 2050

**1700** Man geht davon aus, dass vor dem 18. Jahrhundert nur die folgenden 15 Elemente bekannt waren: die Metalle Eisen, Kupfer, Blei, Bismut, Arsen, Zink, Zinn, Antimon, Platin, Silber, Quecksilber und Gold sowie die Nichtmetalle Kohlenstoff, Schwefel und Phosphor.

**1808** John Dalton veröffentlicht seine Atomhypothese in „A New System of Chemical Philosophy". Demnach besteht Materie aus Atomen.

**1850** Knapp 45 Prozent der heute bekannten Elemente wurden erst im 19. Jahrhundert entdeckt.

**1869** Mendelejew präsentiert das Periodensystem

**1937** Technetium, das erste künstliche Element, wird entdeckt.

**1939** Francium ist das letzte Element, das in der Natur entdeckt wird.

**1944** Curium und Americium werden entdeckt. Beide sind hoch radioaktiv.

**2016** Die IUPAC stimmt den bisher letzten Neuzugängen zu. Es handelt sich um die Nummern 113, 115, 117 und 118. Die neuen Elemente sind superschwer und sehr kurzlebig.

# **BASF** Digital

Mehr Inhalte, interaktive Geschichten und zusätzliche Informationen

## Istanbul im Wandel der Zeit



**Istanbul** ist eine der am schnellsten wachsenden Städte der Welt. Lebten dort 1927 nur 680.000 Menschen, sind es heute rund 14,5 Millionen. Wie sich das Stadtbild über die Jahrzehnte verändert hat, zeigt ein Bildervergleich.

**on.basf.com/istanbul_d**




**Schanghai** ist Fluten und Hochwasser ausgesetzt. Das 360°-Video zeigt, wie die Kraft des Wassers die Stadt prägt.

**on.basf.com/schanghai360**




**Sand** gibt es überall und ist dennoch eine knappe Ressource. Warum ist das so? Und was macht Sand so besonders?

**on.basf.com/5sandfakten**

### BASF Digital

Unsere Kanäle im Überblick

**BASF.com**
Erfahren Sie mehr über BASF. Alles Wichtige zum Unternehmen, unsere Produkte und Branchen, die Standorte und Gesellschaften finden Sie auf **basf.com**

**facebook** Bleiben Sie mit uns in Kontakt! Neues zu BASF finden Sie auf **facebook.com/basf**

**Linked In** BASF hat auch als Arbeitgeber viel zu bieten. Erfahren Sie mehr auf **linkedin.com/company/basf**

**twitter** Aktuelles finden Sie auf **twitter.com/basf**

Fotos: Enis Yücel, Shutterstock/istanbulphotos, Blackstation/GettyImages; Illustration: ASCS

**IMPRESSUM**

**Herausgeber:**
BASF SE
Unternehmenskommunikation
& Regierungsbeziehungen
BASF-Gruppe
Anke Schmidt

**Redaktion:**
BASF SE
Multimedia & Publications
Holger Kapp,
Anna Rebecca Egli,
Jennifer Moore-Braun
Axel Springer SE
Corporate Solutions (ASCS)
Heike Dettmar, Janet Anderson

**Projektmanagement:**
Axel Springer SE
Corporate Solutions
Christina Rahtgens

**Artdirektion:**
Axel Springer SE
Corporate Solutions
Valentin Bünsow

**Titelbild:**
Axel Springer SE
Corporate Solutions
Renato Guazzelli Martello

**Autoren:**
Lukas Grasberger,
William Hatchett,
Eva Scharmann,
Jonathan Ward

**Druck:**
johnen-druck GmbH & Co. KG

Dieses Magazin wurde auf Papier gedruckt, das mit speziellen Inhaltsstoffen der BASF hergestellt wurde. Die verwendeten Rohstoffe stammen aus verantwortungsvoll verwalteten Wäldern und für den Produktionsprozess wird hauptsächlich Energie aus Biomasse eingesetzt.
Es ist FSC®-zertifiziert.

FSC www.fsc.org MIX Papier aus verantwortungsvollen Quellen FSC® C013024

**KONTAKT**

BASF SE
Multimedia & Publications
Jennifer Moore-Braun
Telefon: +49 621 60-29052
E-Mail: jennifer.moore-braun@basf.com
www.basf.com



Die Zukunft gehört uns allen.
Mit unseren Innovationen sorgen wir schon heute dafür, dass Städte weniger Energie verbrauchen, wir sauberere Luft atmen und sich E-Mobilität weiter durchsetzt. Darum blicken wir bei BASF optimistisch in die Zukunft.
Mehr entdecken auf:
wecreatechemistry.com
BASF
We create chemistry